TITRES

ET

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DU

Dr A. ZIMMERN

PARIS
MASSON ET Cie, EDITEURS
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN
—
1925

TITRES

TITRES UNIVERSITAIRES

Docteur en Médecine, 1901.
Aide-Préparateur à la Faculté de Médecine (Clinique gynécologique, Prof. Pozzi), 1902-1907.
Agrégé de la Faculté de Médecine (Section de Physique), 1907.
Lauréat de la Faculté de Médecine (Médaille d'Argent, 1901).
Lauréat de l'Académie de Médecine (Prix Apostoli, 1903; Prix Desportes, 1905).

TITRES HOSPITALIERS

Interne provisoire des Hôpitaux de Paris, 1895-1896.
Interne des Hôpitaux de Paris, 1897-1901.
Chef de Laboratoire d'Électro-Radiologie des Hôpitaux (Charité, 1907-1911).
Directeur de l'Institut municipal d'Électro-Radiologie 1911.

TITRES MILITAIRES

Médecin-major de 1re classe, 1917.
Médecin-Chef de l'Équipage Radiologique n° 11, attaché à la Direction du Service de Santé de la Ve Armée, 1914-1917.
Chef du Centre Électro-Radiologique de la Ve Région (Orléans), 1917-1918.

SOCIÉTÉS SAVANTES

Membre de la Société Française de Physique.
Président de la Société de Radiologie Médicale de France, 1925.
Président de la Société d'Électrothérapie et de Radiologie, 1908.
Président de la XIIIe Section à l'A. F. A. S., 1910.
Membre de l'Association française pour l'etude du Cancer.

ENSEIGNEMENT

1° A la Clinique gynécologique de la Faculté :
Cours de perfectionnement sous la direction du Pr Pozzi.
(Électricité et thérapeutique physique gynécologiques, 1901-1907.)

2° Au service d'Électrothérapie de la Clinique Charcot, 1901-1907.

3° A la Faculté de Médecine :

a) Conférences de Physique médicale (Conférences de l'agrégé, 1907 à 1910).

b) Chargé du cours magistral de Physique Médicale en 1911 et en 1919.

c) Chargé du cours magistral de Physique Médicale, 2e semestre 1925.

d) Enseignement complémentaire d'Électrologie et de Radiologie, semestre d'été 1907-1911).

e) Enseignement complémentaire de la Radiologie, 1920-1925, sous la direction du Pr André Broca.

f) Collaboration au cours de physiothérapie du Pr Carnot, 1918 et 1920.

VARIA

Secrétaire général adjoint du Congrès international de Physiothérapie, Paris 1910.
Conférence faite au Royal College of Medecine, Londres 1922.
Membre de la Commission instituée au Ministère des Travaux Publics pour la réglementation des accidents dus à l'Électricité, 1925.

OUVRAGES DIDACTIQUES

Élémente d'Électrothérapie clinique. [Paris, 1906, Masson édit., 1 vol. de 400 pages. Préface de J. Bergonié. Prix Desportes.]

Les conrants de haute fréquence. (En collab. avec Turchini) [Paris, 1908, Baillière édit. 1 vol. de 96 pages in *Actualités médicales*].

La fulguration du cancer. [Paris, 1909, Baillière édit., 1 vol. de 96 pages in *Actualités médicales*.]

Radiothérapie. Radiumthérapie Photothérapie. (En collab. avec Oudin) [Paris, 1913, Baillière édit., 1 vol. de la collection de Thérapeutique Gilbert-Carnot.]

Radiothérapie (2e édition augmentée et complètement refondue) (*sous presse*).

Électrodiagnostic de guerre. (En collab. avec Pérol) [Paris, 1918, Masson édit., 1 vol. de la collection Horizon.]

Les accidents de l'électricité industrielle et domestique. [Paris, Masson édit.] (*en préparation.*)

Notions de sciencee physiquee indispensables au médecin (*en préparation*).

Collaboration aux ouvrages suivants :

Traité de gynécologie, Prof. Pozzi [Masson et Cie.]

Traité de gynécologie médico-chirurgicale. Labadie-Lagrave et Legueu.

Précis de phyeique biologiqne. Prof. André Broca, dont j'ai recueilli et rédigé les leçons d'optique physiologique.

Le Traitement des fractures, de Hennequin et Lœwy. [Masson et Cie, édit.]

Traité de Thérapeutique clinique, de Gaston Lyon (6e édition) [Masson et Cie édit.].

REVUES MÉDICALES

Journal de Radiologie et d'Électrologie. Revue médicale mensuelle publiée sous la direction de MM. Aubourg, Béclère, Belot, Delherm, Haret, Laquerrière, Ledoux-Lebard, Zimmern. [Masson et Cie, édit.]

La Médecine. Revue médicale mensuelle sous la direction de MM. Achard, d'Arsonval, Bergonié, Calmette, Ch. Richet.

INTRODUCTION

Au cours de mon internat, j'ai été frappé de l'indifférenee en quelque sorte traditionnelle dans laquelle l'enseignement et la pratique médieale laissaient certaines méthodes physiques de diagnostie et de traitement, qu'une observation personnelle m'avait cependant montré singuliérement féeondes.

Encouragé par Bergonié que préoccupait également la tâche de donner aux agents physiques en médecine le rang qu'ils méritaient, j'ai commencé par quelques travaux de vulgarisation, de mise au point et d'aetualité, en y apportant une part plus ou moins grande de eontribution personnelle.

L'aeeueil fait à certaines de mes publications, notamment aux « causeries électriques » [1] décidèrent de mon orientation, et je résolus d'affronter le eoneours d'agrégation de physique auquel, aprés trois années passées au Laboratoire de physique, aux côtés de Gariel et d'André Broca, je me présentai, pourvu d'autre part de la solide éducation clinique que donne l'Internat des Hôpitaux.

Nommé agrégé, je réalisai par ailleurs mon vœu le plus cher auquel me portait ma passion de l'enseignement. Ultérieurement, avant comme après la guerre, tout en ne perdant pas de vue les applications de l'électrieité et des radiations à la médeeine, j'ai cherché, par la fréquentation des laboratoires de physique de la Faculté, et du Collége de Franee (Professeur Langevin), à développer mes connaissanees de physique pure.

Mon goût de l'enseignement et mon penchant pour la vulgarisation n'ont fait qu'aviver mon désir de faire mieux connaître aux médecins les grandes ques-

[1] *Presse Médicale*, 1902 et 1903, *passim*.

tions de physique qu'ils ne sauraient ignorer. *Notions de sciences physiques indispensables au médecin*, tel est le titre d'un ouvrage qui, en préparation, ne figure pas encore ci-dessous.

Les travaux dont on trouvera l'exposé et l'analyse dans les pages qui suivent portent l'empreinte de la double éducation physique et clinique que j'ai reçue. Si leur sujet et leur objet m'ont généralement été inspirés par des questions d'actualité, on les trouvera toujours essentiellement guidés par un but pratique.

J'ai toujours estimé que, sans toutefois se désintéresser des hypothèses et des raisonnements de la physique théorique, les sciences médicales doivent rechercher surtout dans la physique expérimentale les ressources nécessaires aux progrès du diagnostic et de la thérapeutique.

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

J'ai groupé mes travaux scientifiques sous les rubriques suivantes :

I. — Physique et Physique médicale.
II. — Physique appliquée. Électrophysiologie.
III. — Physique appliquée. Radiophysiologie.
IV. — Radiologie.
V. — Électrologie.
VI. — Ouvrages didactiques.
VII. — Publications diverses.
VIII. — Vulgarisation.

I
PHYSIQUE ET PHYSIQUE MÉDICALE

A. — SPECTROSCOPIE — SPECTROGRAPHIE

1. **Sur l'étincelle de résonateur. Analyse spectroscopique** (en collab. avec Hemsalech) (*C. R. de l'Ac. des Sc.*, 22 mai 1909).

On sait que lorsqu'on excite un résonateur Oudin, il existe un rapport entre le circuit excitateur et le circuit de résonance, pour lequel la longueur de l'étincelle est maxima. Le résonateur est alors dit *bien accordé*. Nous avons étudié, à l'aide des méthodes spectroscopiques, la constitution de cette étincelle ainsi que des autres étincelles qu'on peut obtenir avec cet appareil.

Le spectre que présente l'étincelle, l'appareil étant *bien accordé*, est celui de l'étincelle de capacité, c'est-à-dire qu'on y observe d'une manière prédominante les lignes de l'air. Au voisinage immédiat des électrodes, et dans cette région seulement, on distingue les caractéristiques spectroscopiques des vapeurs du métal constituant l'électrode, mais le peu d'étendue du spectre métallique porte à admettre qu'il n'y a pas transport de matière par l'étincelle, mais une simple projection au départ de l'élec-

trode. On sait que la vapeur métallique, ainsi projetée, se diffuse dans le milieu ambiant, où elle est susceptible de se combiner avec d'autres éléments. Le phénomène est symétrique et se produit aux deux électrodes opposées.

Quand on diminue la distance explosive, l'étincelle prend, comme on le sait, un autre caractère appréciable à l'œil et à l'oreille. Le spectre subit aussi des transformations notables. Le spectre de lignes disparaît et l'on ne trouve plus que les raies les plus intenses, le doublet dans l'orangé, le doublet du vert, l'un et l'autre même à la limite de visibilité.

Le spectre qui prédomine est un spectre de bande qu'il y a lieu sans doute de rapporter à l'azote. Quant à la vapeur métallique, elle présente le même aspect que précédemment et reste toujours localisée au voisinage immédiat des électrodes.

Le phénomène observé avec le résonateur Oudin est analogue à celui que l'on constate dans l'étincelle de la bobine d'induction en rapprochant les pôles, l'étincelle longue donnant le spectre des lignes de l'air, l'étincelle raccourcie donnant les bandes de l'azote.

Courte étincelle. — Quand le résonateur est réglé en *mauvais accord*, la petite étincelle présente les mêmes caractéristiques que l'étincelle raccourcie : prédominance du spectre de bandes, absence du spectre de lignes de l'air.

Les vapeurs métalliques, ici encore, sont localisées au voisinage immédiat de l'électrode.

Conclusion. — Il y a donc, au point de vue de l'analyse spectroscopique une grande différence de constitution entre la longue étincelle de résonance optima et l'étincelle courte, que celle-ci soit obtenue par l'étincelle de résonance ou par l'étincelle de mauvais accord.

En ce qui concerne maintenant la vapeur métallique, le fait que celle-ci n'est perceptible au spectroscope qu'au voisinage des électrodes n'infirme nullement la découverte faite par Oudin des particules métalliques dans l'épaisseur de tissus organiques frappés par l'étincelle. Il est vraisemblable, en effet, que ces particules cessent rapidement d'être incandescentes, mais n'en conservent pas moins leur vitesse de projection, grâce à laquelle elles peuvent arriver jusqu'aux tissus.

2. Étude spectrographique du dévirage du platino-cyanure de baryum dans l'effet Villard (en collab. avec Salles) (*C. R. de l'Ac. des Sc.*, 26 déc. 1921).

Étude spectrographique du dévirage du platino-cyanure de baryum dans l'effet Villard.

On sait que les écrans fluorescents ayant subi l'effet Villard (brunissement de ce sel sous l'action des rayons X) peuvent revenir à l'état primitif par l'exposition à la lumière diffuse. Ce phénomène a été attribué par certains auteurs à la déshydratation, par d'autres à une transformation moléculaire du sel avec passage d'une forme isomère à une autre. Il nous a paru intéressant de rechercher quelles étaient dans le spectre

lumineux les radiations d'où relève cette régénération. A cet effet nous avons exposé une bande de platino-cyanure de baryum ayant subi préalablement l'action des rayons X au delà de la teinte β de l'étalon dosimétrique en usage en radiothérapie, à l'action de l'arc électrique.

On constate que le dévirage n'apparaît, même après plusieurs heures d'exposition, que dans des régions parfaitement déterminées, sous la forme de bandes perceptibles déjà au bout de très peu de temps, aux intensités employées, par leurs limites assez franches. Nous en avons compté jusqu'à présent quatre. Il s'ensuit que les radiations susceptibles de détruire l'effet Villard semblent se répartir en quatre bandes principales, de largeur très voisine, la plus basse située entièrement dans l'infra-rouge et débutant à la limite du rouge visible, une seconde dans le vert-jaune, une troisième dans le bleu, et une dernière enfin, plus lente à venir dans l'ultra-violet.

3. Influence de la température sur la sensibilité des émulsions en radiographie. (*C. R. de l'Ac. des Sc.*, 13 fév. 1922)

On sait que pour obtenir de bons spectrogrammes de rayons X avec une dispersion

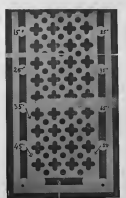


Fig. 1. — Reproduction d'un cliché montrant, pour une même intensité et un même temps de pose, l'accroissement de sensibilité en fonction de la température.

notable, les temps de pose, lorsque l'intensité dans le tube est modérée, peuvent être extrêmement longs, et se chiffrent en général par des heures.

Nous avons recherché s'il n'existait pas un procédé pour accroître la sensibilité de l'émulsion, vis-à-vis du rayonnement X. De nombreux essais nous ont montré qu'il

n'existait aucun révélateur chimique ou physique, susceptible de résoudre ce problème

Nous avons pensé dés lors à utiliser la chaleur dans les limites où celle-ci n'altère pas l'émulsion photographique.

Le probléme avait déjà été résolu pour la lumiére ordinaire, mais n'avait pas encore été abordé pour la radiographie.

En effet, la variation de sensibilité des émulsions en fonction de la température est trés notablement différente, selon qu'on impressionne la plaque avec la lumiére ou avec les rayons X.

Si l'on fait abstraction des trés basses températures (air liquide) pour lesquelles on sait que la sensibilité est annulée, les variations trouvées pour la lumiére notamment entre la température ordinaire et + 80°C paraissent être assez faibles.

D'aprés Wallace, pour des impressions lumineuses faibles, la sensibilité croît légérement avec la température, et ce serait le contraire pour les impressions lumineuses fortes.

D'aprés Padoa et Mervini, le coefficient d'accroissement de sensibilité serait pour 10° d'augmentation de 1,05, ce qui donne 1,25 pour 60° et 1,37 pour 85°.

D'autres auteurs déclarent n'avoir pas constaté de différence sensible.

Dans quelques expériences de contrôle, nous n'avons pas observé non plus de différence très marquée entre une plaque impressionnée froide et une plaque impressionnée chaude.

Nous avons observé, par contre, que l'accroissement de température sensibilise beaucoup plus fortement la plaque vis-à-vis des rayons X. En exposant une série de bandes découpées dans une même plaque portée à des températures croissantes de 10° en 10°, pendant le même temps à une intensité identique de rayons X, on obtient une série de teintes dont la gradation d'abord faible, mais déjà trés appréciable, s'accuse de plus en plus. On ne peut cependant que difficilement dépasser 85°, car au-dessus de cette température se surajoute un voile.

Le rapport des densités, comparées à l'échelle de Scheiner, donne en moyenne 2,5 entre 15° et 85°, et 2 entre 15° et 60°.

La comparaison photométrique de la densité peut se faire plus simplement en irradiant simultanément une plaque témoin laissée à la température ordinaire pendant un temps donné, et une plaque chaude pendant des fractions croissantes de ce temps. On observe alors que, vers 60°, l'égalité d'opacité correspond à un temps de pose inférieur de $\frac{1}{3}$ environ. C'est ainsi qu'à cette température une plaque posée 13 secondes donne un noircissement égal à une plaque froide posée 20 secondes.

Lorsqu'on se sert d'un écran renforçateur, le renforcement thermique ne se produit plus, ce qui est évident, puisque l'impression se fait presque exclusivement sous l'action des grandes longueurs d'onde du sel luminescent.

Le pouvoir renforçateur thermique nous a aussi semblé réduit dans une certaine mesure lorsqu'on utilise des écrans métalliques minces pour augmenter l'impression radiographique.

L'ordre de grandeur du phénomène ne nous a pas paru subir de variations importantes suivant qu'on utilise des faisceaux durs ou des faisceaux mous. Il s'accentue légèrement avec l'emploi d'émulsions épaisses en usage en radiographie. Il semble enfin, aux températures élevées, nettement plus marqué pour des impressions faibles voisines du seuil que pour des impressions fortes.

Il est donc intéressant de noter une différence aussi considérable dans les actions de la chaleur entre les rayons actiniques du spectre et les rayons X. Elle semble s'accorder avec la présomption d'une action dissemblable de la lumière et du rayonnement X sur l'édifice anatomique de l'halogénure et qui s'accuserait sous l'influence de l'agitation thermique.

Enfin, au point de vue pratique, le renforcement thermique des émulsions peut être utilisé en radiographie lorsque l'usage des écrans luminescents est à éviter, par exemple lorsqu'il importe de ne pas modifier l'identité des rayonnements à enregistrer sur la plaque (spectrographie).

B. — PHOTOMÉTRIE PHOTOGRAPHIQUE

1. **L'impression radiographique dn tube Coolidge. — Les facteurs de l'impression radiographique.** (*Soc. Fr. de Physique*, 20 juin 1919, et *Soc. de Radiol.*, 10 juin 1919.)

Chacun sait les incertitudes qu'en radiographie on éprouve dans l'estimation du temps de pose. Indépendamment du sujet à radiographier, l'impression photographique est en effet fonction d'une série de facteurs : intensité du flux, qualité du rayonnement, distance de l'anticathode, sensibilité de l'émulsion, variables qui conduisent à la formule pratique « connaître son installation ».

La tentative faite, il y a quelques années, de réglementer pour chaque cas, la quantité du rayonnement par le produit It, en milliampères-seconde, n'a pas constitué un progrès, ce produit ne correspondant pas toujours au noircissement et variant avec le degré de pénétration.

La régularité et la souplesse du tube Coolidge permet de tendre vers plus de précision par la possibilité de se replacer à volonté dans des conditions déterminées.

On admet généralement que la puissance des rayons X émis par l'ampoule varie comme le cube du potentiel et que l'action sur la plaque photographique varie comme le carré du potentiel. La quantité $\frac{I t V^2}{d^2}$ a même été adoptée par certains auteurs comme caractéristique du noircissement. Elle signifie que pour une même sensibilité de plaque et des conditions de développement identiques, on obtiendrait un même noircissement quelles que soient les valeurs I, t, V^2 et d^2 pourvu que leur produit soit constant.

En cherchant à vérifier cette formule $\frac{ItV^2}{d^2} = K$, avec un tube Coolidge monté sur contact tournant, il nous a semblé qu'elle n'était exacte qu'entre certaines limites. Dans un premier cliché on a fait une série d'impressions successives, sur une même plaque, de manière à éliminer les inégalités de sensibilité et de développement. La distance d a été maintenue constante (40 cm.) et l'intensité I au voisinage de la valeur moyenne 4 mA. Le potentiel a été mesuré comme d'usage dans les appareils courants au moyen d'un voltmètre aux bornes du primaire. Enfin le temps de pose a été calculé pour les différentes épreuves de manière à obtenir ItV^2 = constante. Ce temps de pose a été :

27.000 V.	5 min. 50.
31.000 V.	4 min. 50.
39.000 V.	3 min. 32.
47.000 V.	2 min. 15.
57.000 V.	1 min. 33.
64.000 V.	1 min. 42.
70.000 V.	1 min. 09.
77.000 V.	0 min. 57.
81.000 V.	0 min. 47.

On constate que si le potentiel est inférieur à 30.000 V. on n'a aucune impression malgré le temps de pose considérable, ce qui ne peut être attribué qu'à l'absence de rayonnement correspondant à la bande d'absorption de l'argent et du brome. Les noircissements ne deviennent vraiment uniformes qu'à partir de 55.000 volts environ.

Dans un autre, au contraire, pour une intensité de l'ordre de 4 mA, on a introduit dans la formule la distance explosive et on a calculé t de manière à maintenir constante l'expression ItL^2, L étant la distance explosive. Celle-ci a été prise successivement de 3, 5, 7 ... 19 cm. et les temps de pose ont varié dans des limites énormes de 11 min. 40 à 19 secondes

3 cm.	11 min. 40.
5 cm	3 min. 48.
7 cm.	2 min. 07.
9 cm.	1 min. 10.
11 cm.	0 min. 53.
13 cm.	0 min. 37.
15 cm.	0 min. 25.
17 cm.	0 min. 26.
19 cm.	0 min. 19.

Dans ces conditions, les images apparaissent toutes simultanément au développement, et les noircissements se rapprochent sensiblement de l'équivalence.

Il semble donc que l'expression ItL^2 = Constante représente mieux le phénomène, surtout dans les faibles voltages, c'est-à-dire dans la région où le potentiel ne varie pas linéairement en fonction de la distance explosive.

En résumé, si certains auteurs ont adopté comme caractéristique du noircissement radiographique la loi : $K = \frac{I t V^2}{d^2}$, qui signifie que pour une même sensibilité de plaque et des conditions de développement identiques, on obtiendra un même noircissement quelles que soient les valeurs I, t, V et d, pourvu que leur produit soit constant, nous avons montré, en cherchant à vérifier cette loi avec le tube Coolidge monté sur contact tournant, qu'elle n'était exacte qu'entre certaines limites. En faisant varier successivement I, t, et V sur une série de clichés, mais de manière à maintenir le produit $I t V^2$ constant (V étant mesuré simultanément par un voltmètre et par la distance explosive L), on constate que l'expression $K = \frac{I t L^2}{d^2}$ représente le phénomène d'une manière plus générale, ce qui signifie que le noircissement paraît être fonction plutôt de la tension maxima (que mesure l'étincelle) que de la tension efficace (que mesure le voltmètre).

2. **Note préliminaire sur l'application de la photométrie photographique aux mesures d'opacité en rayons X.** (*Acad. de Médecine*, 8 février 1921.)

Les progrès faits dans la technique des rayons X nous ont incité à reprendre une idée qui avait été exposée par Benoist, dans le *Traité de Radiologie Médicale* de Charles Bouchard (page 401).

« Cette méthode peut même rendre des services dans l'observation des tissus vivants, car si l'on évalue leur masse sous l'épaisseur observée, en s'appuyant sur des données anatomiques, il suffira de procéder à leur examen radiologique, comparativement à une échelle de transparence préalablement étalonnée avec un radio-chromomètre, pour obtenir une évaluation suffisamment approchée de leur degré de minéralisation ».

Il ne nous a pas paru impossible d'obtenir, grâce à une instrumentation appropriée, les éléments nécessaires pour reconnaître l'enrichissement ou l'appauvrissement de certains tissus en matière minérale, en particulier pour les os en sels de calcium, et, partant de là, les effets d'un traitement minéralisateur et reconstituant sur un sujet rachitique ou tuberculeux.

Sur ce terrain de la recherche d'une méthode d'analyse permettant d'évaluer numériquement l'opacité relative de certains tissus, nous n'avons eu connaissance antérieurement à nous que de tentatives infructueuses.

Après de nombreux essais nous avons abandonné les méthodes d'ionisation, l'électroscope et l'électromètre exigeant une installation assez compliquée et dispendieuse, autant que délicate dans son maniement.

La photométrie photographique nous a paru, par contre, plus apte au but que nous nous proposions. En principe, cette méthode consiste à obtenir sur une même plaque, simultanément avec une échelle de teintes, la radiographie de l'organe ou du tissu à analyser, pourvu toutefois que celui-ci ne présente qu'une épaisseur limitée.

L'obtention d'un rayonnement stable, la fixité dans la qualité des rayons, à peu près irréalisable avec les anciens tubes à gaz, n'est devenue possible que depuis l'avènement du tube Coolidge. Grâce à lui, on peut obtenir une source radiogène d'intensité déterminée et invariable dans sa composition, à condition de maintenir aux bornes une différence de potentiel constante. Les variations de potentiel du secteur nous ont paru avoir peu d'importance si l'on a soin de n'opérer qu'aux heures d'activité uniforme. L'homogénéité du rayonnement peut être encore améliorée par la mise en dérivation aux bornes du tube de grosses capacités.

Pratiquement, en utilisant un voltage et une filtration convenables [1], on peut arriver à envoyer à travers les corps à analyser un rayonnement dont les composantes extrêmes ont un pouvoir de pénétration peu différent. Le corps à analyser est placé sur la plaque réceptrice, au voisinage immédiat du dispositif producteur de l'échelle de teintes. Celui-ci peut être obtenu par plusieurs procédés : un premier consiste à fabriquer une substance de composition voisine de la substance à analyser et à la tailler en prisme rectangulaire allongé de dimensions convenablement choisies. Nous lui avons cependant reconnu quelques inconvénients d'ordre radiochroïque qui nous ont fait préférer l'établissement du dégradé par l'obturation uniformément progressive d'une région de la plaque par un mécanisme d'horlogerie. Les noircissements obtenus représentent ainsi la *courbe caractéristique* de la plaque. Un troisième moyen est l'emploi d'un prisme d'argent très mince. ce métal ne présentant entre les longueurs utilisées qu'un radiochroïsme négligeable.

Pour pouvoir comparer des séries de clichés, il est indispensable d'arriver à des noircissements égaux.

Par la constance, l'oxalate de fer l'emporte sur les développateurs organiques comme l'hydroquinone, si précieux pour la gradation, mais d'énergie assez variable suivant les échantillons. La fixité du développement est obtenue par la constance de son titre, de la température et du temps de développement.

Pour la lecture des opacités, nous avons eu recours, tout d'abord, au microphotomètre de Fabry et Buisson, mais cet instrument si parfait offre une sensibilité qu'il est inutile d'atteindre. En faisant subir au colorimètre utilisé en hématologie quelques modifications très simples, nous avons réalisé un appareil photométrique peu dispendieux et dont la sensibilité est tout à fait suffisante pour les valeurs cherchées. Les pointés s'y feront de préférence en lumière monochromatique.

Telles sont les grandes lignes de la méthode à laquelle nous avons fait appel.

L'évaluation des absorptions, lorsqu'il s'agit de substances ou de tissus homogènes non organiques, se fait avec la plus grande facilité. Les chiffres obtenus pour différentes substances, d'épaisseur croissant en progression arithmétique, vérifient la loi exponentielle d'absorption et permettent une mesure de leur coefficient d'absorption pour la radiation utilisée. C'est ainsi que nous avons pu, en apportant les éléments de

(1) Les filtres qui nous ont paru les plus avantageux ont été soit le chlorure de baryum, soit des lames de substances organiques, comme l'ivoire.

précision ci-dessus, constater dans des échantillons d'aluminium, utilisés comme filtres, des différences d'absorption sensibles. Peut-être la méthode trouvera-t-elle, d'autre part, une application dans le domaine des tissus ou des humeurs de l'organisme, comme l'escomptait Benoist.

Lorsqu'il s'agit de substances non homogènes, par exemple, le tissu osseux dans ses parties spongieuses, la loi d'absorption ne joue plus, en raison des variétés structurales du tissu, mais on peut néanmoins fixer une valeur numérique à la transparence du tissu analysé.

Sensitométrie radiographique. Présentation d'un dispositif instrumental. Ses applications. (*Soc. de Radiol.*, fév. 1923.)

Dans ce travail, nous avons décrit l'instrumentation que nous avons imaginée et construite en vue des recherches ci-dessus. Cette instrumentation comporte : 1° pour l'obtention du cliché, un obturateur à vitesse constante, destiné à soustraire progres-

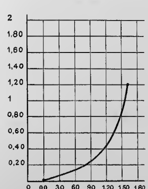


Fig. 2. — Courbe caractéristique d'une émulsion impressionnée par les rayons X.

sivement une bande de surface sensible à l'action des rayons X (coin photométrique) ; 2° pour sa lecture, un photomètre approprié qui n'est autre qu'une adaptation du colorimètre de Dubosq, avec certaines caractéristiques empruntées au microphotomètre de Fabry et Buisson

Tel que nous l'avons construit, cet appareillage, non seulement peut être utilisé pour des mesures d'opacité de substances inorganiques, de tissus organiques homogènes, mais est également tout à fait approprié à la mesure de la sensibilité aux rayons X des émulsions employées en radiographie. Il permet d'établir la courbe du noircissement en fonction du temps (fig. 2). Cette courbe diffère notablement de la courbe caractéristique bien connue de la photographie ordinaire.

L'appareil se compose d'un premier dispositif très simple à l'aide duquel la plaque ou le film va recevoir des impressions de durée croissante. La plaque, placée sur le

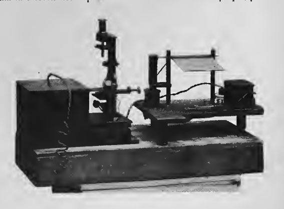


Fig. 5. — Dispositif photométrique de Zimmern : l'appareil obturateur et le photomètre spécial.

socle de l'appareil et enveloppée de papier noir, est progressivement masquée sur une bande de 15 mm. de large par un obturateur en plomb qui effectue sa course de 50 mm. en 50 secondes, grâce à un mouvement d'horlogerie qui lui donne un déplacement uniforme.

Cette vitesse d'un millimètre à la seconde a été choisie intentionnellement pour faciliter les calculs photométriques.

Un large volet en plomb à déclanchement électrique protège la plaque avant la mise en route.

Par des essais préliminaires, on s'assure que pour l'intensité I et le voltage V qu'on débitera dans le tube, et pour la distance *d* de l'anticathode à la plaque, on aura en 50 secondes un noircissement suffisant.

Puis, la source étant placée à une distance conventionnellement fixe, 30 centi-

mètres, par exemple, centrée au-dessus du milieu de l'obturateur mobile, et le courant d'alimentation ayant été soigneusement réglé, on ferme le circuit. On attend quelques instants que le régime du tube, souvent variable au départ, soit devenu stable : on vérifie les appareils de mesure, voltmètre et milliampéremètre, et on déclanche le mouvement d'horlogerie. Le volet tombe au moment où le bord du petit obturateur affleure la plaque et va commencer à la couvrir.

Au bout de 50 secondes, automatiquement, la plaque a reçu l'impression cherchée : on arrête le courant.

Le développement d'une plaque destinée à la photométrie est soumis à des règles très strictes, bien connues en sensitométrie. Le développement à l'oxalate ferreux bien pur, non bromuré, la température du bain, la durée du développement (développement chronométré selon la méthode de Watkins), le lavage, le séchage même exigent une identité de manipulations et une attention soigneuse qui constituent un temps important dans l'exécution correcte des clichés.

Le second appareil est un petit photomètre très simple. Fabry et Buisson ont imaginé et construit pour l'étude des opacités photographiques en photographie stellaire, ainsi que pour la mesure des intensités des raies spectrales dans l'ultra-violet un microphotomètre dont la sensibilité était cependant hors de proportion avec le but poursuivi. J'ai trouvé dans le dispositif optique de l'ancien colorimètre de Dubosq les éléments nécessaires à la construction d'un photomètre simple et je lui ai appliqué l'une des caractéristiques de l'appareil de Fabry et Buisson, à savoir la position de la plaque sur le trajet du faisceau, de manière que le système optique ne forme pas de celle-ci une image dans l'œil.

Une source unique envoie par un miroir, à travers deux diaphragmes symétriques, deux faisceaux de lumière d'intensité égale, rendue monochromatique par un verre coloré assez pur. Ces deux faisceaux convergent chacun sur deux prismes à réflexion totale, la dernière surface réfléchissante ne permettant la sortie que d'une moitié du faisceau. L'œil reçoit ainsi à travers un oculaire et un petit trou les deux demi-faisceaux qui lui donnent l'impression de deux demi-disques, comme dans le saccharimètre.

La situation de la plaque, en dehors du foyer des lentilles, fait que l'œil n'en perçoit pas l'image et, par conséquent, pas le grain. La plaque obscurcit simplement le faisceau. La platine de l'appareil est percée de deux ouvertures munies de diaphragmes et comporte, du côté gauche, un tiroir à déplacement micrométrique. Ce photomètre, que jusqu'ici je n'avais pas présenté, a cependant déjà été signalé comme pouvant être utilisé à la mesure d'opacités de liquides colloïdaux et d'autres que moi l'ont baptisé *néphélémètre* . Je lui réservai le nom plus général de *pycnomètre* photographique.

Pour faire une mesure de photométrie photographique, on fixe la plaque sur la platine de l'appareil, de manière que la région à examiner soit traversée par un des faisceaux, et sur le tiroir à déplacement micrométrique disposé sur le trajet de l'autre faisceau on interpose un coin photométrique. On appelle ainsi une substance

dont la transparence varie linéairement. Plusieurs types de coins peuvent être utilisés, mais le plus pratique et le plus exact est le « Goldberg », lame prismatique mince de gélatine colorée en teinte neutre. Par construction, les densités suivent, dans ce cas, une progression linéaire.

Le tiroir mobile, long de 50 millimètres, est gradué en millimètres et muni d'un vernier. Les lectures se font avec une loupe additionnelle et un dispositif d'éclairage qui permet de ne pas perdre l'adaptation au cours d'une série de lectures.

Il est facile de comprendre qu'à l'aide de cet appareil, on peut faire sur une plaque impressionnée comme il a été dit tout à l'heure, en fonction du temps, une série de pointés qui permettent d'établir sa courbe relative à un coin photométrique déterminé.

Ce dernier du reste peut être étalonné en mesure absolue par un procédé de polarimétrie.

Il est d'usage pour l'établissement de ces courbes de mettre en ordonnées les densités, en abscisses les logarithmes d'une progression géométrique, c'est-à-dire des temps 1, 2, 4, 8, 16, etc., par exemple.

Sur les clichés, les temps sont représentés par construction en progression arithmétique. Il suffit donc d'établir les identités photométriques aux millimètres 1, 2, 4, 8, 16, etc.

Hogdson a établi une courbe en portant en abscisses les logarithmes des puissances consécutives de $\sqrt{2}$.

L'établissement des courbes montre que les régions de sous-exposition et de sur-exposition n'ont pas d'homologues en radiographie.

Par ce procédé nous avons trouvé des courbes très différentes des plaques X et des marques Y.

Indépendamment de l'usage que je viens d'indiquer, le même dispositif peut être utilisé pour la mesure du pouvoir renforçateur des écrans sur lesquels il est bien rare que l'on ait des précisions.

Il est bien entendu que dans ce cas l'intensité de la lumination devra être réduite si l'on ne veut pas avoir des noircissements illisibles. Pour cela, on peut à la fois diminuer le milliampérage et augmenter la distance du tube dans des proportions convenables. Une moitié de la plaque sera recouverte par l'écran et l'autre laissée à nu. Le rapport des temps nécessaires à l'obtention de deux noirs égaux donnera la valeur du coefficient renforçateur.

On se souviendra toutefois que le pouvoir renforçateur varie avec la longueur d'onde et que, par suite, le coefficient de renforcement ne sera valable que pour le voltage utilisé. Il y aurait donc lieu de convenir d'une longueur d'onde déterminée pour laquelle l'écran serait étalonné par le constructeur, par exemple la bande résultant de l'excitation du tube sous 32 kilovolts.

Le dispositif que je viens de décrire est susceptible encore d'un autre emploi. Il permet, comme avec l'électromètre, la mesure du coefficient d'absorption moyen, relatif au rayonnement utilisé, de certaines substances, moyennant toutefois une série de conditions qui, j'en conviens, restreignent l'usage de la méthode :

1° Il faut que le rayonnement pour lequel on recherche le coefficient d'absorption soit compris dans la zone spectrale d'absorption de l'argent.

2° Il faut que la substance d'épreuve soit suffisamment transparente, tant par son épaisseur que par son absorption, de manière à laisser passer une fraction suffisante du rayonnement.

3° Il ne faut pas que cette substance posséde une discontinuité d'absorption dans la région de l'argent.

Ces réserves faites, on voit que la recherche peut être faite pour des solides métalliques (l'aluminium des filtres par exemple dont on voudra déterminer le pouvoir filtrant ou la pureté), des solides comme le diamant, des substances organiques comme l'ivoire, des colloïdes comme la gélatine, certains tissus anatomiques, la peau par exemple, des liquides divers comme le sang, le sérum.

La technique est alors la suivante :

On impressionne simultanément une même plaque, d'une part par une échelle de teintes, d'autre part par une épaisseur connue de la substance d'épreuve.

Aprés développement chronométré, on découpe la plaque au diamant et plaçant l'épreuve de la substance sur la platine du photomètre dans le trajet de l'un des faisceaux, on fixe cette fois l'échelle de teintes sur le tiroir mobile. Le chiffre correspondant à l'égalité des teintes mesurera l'intensité du rayonnement transmis par la substance.

Si ce chiffre est par exemple 25, cela voudra dire que l'intensité transmise sera 25/50° ou 50 p. 100 de l'intensité totale.

L'équation $I_t = I_o e^{-\lambda d}$ permet dès lors de calculer le coefficient linéaire d'absorption λ.

Le calcul donne en effet pour λ la valeur :

$$\lambda = \log. I_o - \log. I_t \times \frac{2,3}{d}.$$

Or log. I_o ou log. $100 = 2$.

log. I_t, dans l'exemple choisi, est égal à log. de $50 = 1,70$.

d est donné par la mesure préalable de l'épaisseur.

Le chiffre ainsi obtenu est un coefficient d'absorption moyen, relatif aux radiations utilisées. Aussi y a-t-il intérêt à réduire le plus possible l'étendue de la région spectrale agissante. Pour cela il est bon de ne pas dépasser 40 kilovolts et voire d'expurger le faisceau de ses composantes les plus dures, avec un écran mince de chlorure de baryum, d'étain ou de carbonate de cadmium.

Ce dernier élément qui a sa bande d'absorption débutant à $0^{\text{Å}},457$, tandis que celle de l'argent se trouve à $0^{\text{Å}},480$, découpe dans le faisceau une bande spectrale dont l'étroitesse permet de l'assimiler au point de vue pratique à une raie spectrale, c'est-à-dire à une émission monochromatique.

Si, à la place d'une table de logarithmes, on préfére user d'un pied à coulisse ou d'un palmer, on peut arriver au même résultat de la manière suivante, à condition

cependant que la substance à examiner soit susceptible d'être taillée, comme un morceau d'ivoire, comme une lame d'aluminium etc,, soit en prisme rectangle, soit en échelle à gradins en progression millimétrique.

Considérons en effet ce qui se passe à la division 25 de l'échelle de teintes, où l'intensité incidente I_t qui a frappé la plaque est la moitié de l'intensité totale, I_o qui a frappé la plaque au chiffre 50.

Au chiffre 25 l'intensité I_t a donc été $\frac{1}{2} I_o$.

L'équation $I_t = I_o e^{-\lambda d}$ devient dans ce cas $\frac{1}{2} I_o = I_o e^{-\lambda}$

$$\text{ou } \frac{1}{2} = e^{-\lambda d}$$

$$\text{ou } \frac{1}{2} = \frac{1}{e^{\lambda d}}$$

$$\text{ou } 2 = e^{\lambda d}$$

$$\text{ou log. } 2 = \lambda d \text{ log. } e$$

$$\text{ou } \lambda = \frac{\text{log. } 2}{\text{log. } e} \frac{1}{d}$$

$$\text{ou finalement } \lambda = \frac{0,69}{d}.$$

Ainsi, pour avoir le coefficient d'absorption de la substance d'épreuve, suffit-il de rechercher dans son dégradé l'équivalence avec la teinte du point 25 de l'échelle de teintes, de chercher le point correspondant du corps lui-même, de mesurer son épaisseur d à ce niveau en millimètres et d'effectuer la division ci-dessus. Le quotient donne immédiatement le coefficient λ d'absorption cherché.

— — — —

C. — SUR LES ACCIDENTS DE L'ÉLECTRICITÉ

1. **Les méfaits de la basee tension** (*Acad. de Méd.*, 7 fév. 1922). Même sujet . **Les accidente de la basse tension.** (*Presse médicale*, 10 janvier 1920.)

Les accidents de l'électricité, prophylaxie et thérapeutique, en collaboration avec P. Istel *in Journal de Radiologie*, Janvier 1913.

Un nouvel accident de l'électricité domestique. (*Acad. de Méd.*, 17 mars 1925.)

Depuis plusieurs années, je me suis oecupé de cette question extrêmement importante au point de vue de la sécurité publique, des dangers que eouraient les personnes aussi bien à l'extérieur que dans les locaux privés où se distribue l'énergie électrique à bas voltage.

Le terme de basse tension semble eonsacrer une garantie d'innoeuité qui est loin d'être réelle, étant donné le nombre d'accidents qui se produisent chaque jour, aecidents qui peuvent même être mortels.

On semble ne considérer en général le danger des eourants électriques que pour les hautes tensions, et si la vietime est le plus souvent frappée à l'usine, sur les pylônes, dans les sous-stations, etc., si encore l'accident a fréquemment pour théâtre la voie publique, frappant le passant, l'innoeent promeneur, il n'en est pas moins certain que le eourant s'en prend dans beaueoup de cas, à l'abonné qu'il vient frapper dans sa demeure.

L'image impressionnante de la tête de mort que l'on lit sur les mâts de haute tension, ou à l'entrée des eabines de transformateurs semble réserver aux courants de haut voltage, le privilège de la noeivité. On en infère implieitement que, la tension ne serait-elle pas si haute, un si sévère avertissement serait inutile.

Or le voltage n'est pas le facteur dominant dans la genèse des aceidents. Un aceident donné est une résultante, résultante à la fois de valeurs présentées par une série de facteurs électriques et une série d'éléments biologiques. Le mode de contact, le danger de faire une terre apportent des conditions spéciales de bonne conductibilité, au point que dans certains cas le paisible courant de 110 volts de nos secteurs, trouvant une voie facile à travers l'organisme, peut devenir fatal.

On sait que ees conditions de conductibilité sont réalisées par l'humidité des surfaces de contact et l'étendue de ces surfaces. C'est ainsi que sur eourant de bas voltage, on pourra sans risque aueun remplaeer des fusibles ou toucher des interrupteurs avee les mains sèches, tandis qu'on n'échappera pas à la secousse si les doigts ou les pieds sont tant soit peu humides.

Les limites extrêmes de la bonne eonductibilité appartiennent aux accidents de baignoires, où le courant trouve dans les mains mouillées un contact d'entrée excellent, et dans l'eau une électrode de sortie qui se moule admirablement sur la surfaec eutanée.

On ne peut pas imaginer de meilleure terre que la communication établie avec le sol par le tuyau de vidange.

La baignoire compte un assez grand nombre de méfaits à son actif qui ont été rapportés par différents auteurs. Nous avons eu l'occasion d'en relater un cas qui a fait l'objet d'une de nos publications à l'Académie de Médecine, et qui. à notre grande satisfaction. a eu un écho salutaire dans la grande presse.

L'ignorance dans laquelle on laisse le public des dangers du courant électrique, notamment des conditions dans lesquelles se produisent les accidents domestiques, les accidents de baignoire, de cuisine, ou autres, doit être énergiquement combattue. A cet effet, nous avons proposé un certain nombre de moyens propres à l'instruire.

L'un d'eux serait d'inviter les Compagnies de distribution d'électricité à porter les dangers à la connaissance du public, sous forme d'avertissements. On pourrait, par exemple, coller un avis bien apparent sur la couverture du carnet de consommation; mieux vaudrait encore apposer dans la salle de bains et la cuisine, au bon endroit, une petite plaque émaillée, rappelant brièvement qu'il y a danger d'entrer en contact simultanément avec les appareils à eau, et les fils ou appareils électriques. Ce moyen conviendrait en tout cas assez bien pour les établissements de bains publics et les hôtels, où il pourrait être rendu obligatoire.

Il y a lieu également de souscrire à la proposition qui a été faite par un de nos collègues d'instruire l'enfant à l'école, des dangers que présentent les conducteurs électriques en tous lieux et sous toutes les formes; on éviterait ainsi les nombreux accidents qui se produisent chez les enfants qui s'amusent à chercher dans les arbres des nids d'oiseaux, etc.

La campagne que, grâce à la publication d'un certain nombre d'accidents, j'ai entreprise, a porté actuellement ses fruits. Le Ministère des Travaux publics vient tout récemment d'instituer une commission pour reviser les dispositions à prendre au point de vue prophylactique et au point de vue thérapeutique, dans les cas d'accidents dus aux courants électriques.

Les règlements antérieurs concernaient en effet exclusivement les mesures à prendre dans les usines et les stations génératrices. D'après les instructions ministérielles, cette commission présidée par le Professeur d'Arsonval, et dont j'ai l'honneur d'être membre, a pour mission de rédiger des instructions destinées à être portées à la connaissance non seulement des professionnels, mais du grand public, et d'utiliser le plus largement possible tous les moyens de propagande, pour instruire le public des dangers qu'il peut courir par le contact avec des appareils électriques.

D'autre part, ayant pu réunir depuis plusieurs années, un assez grand nombre de documents, concernant cette question des accidents d'électricité industrielle et domestique, j'ai à l'heure présente déjà rédigé un certain nombre de chapitres d'un ouvrage dont la publication est prochaine, et qui sera intitulé : *Les accidents de l'électricité industrielle et domestique.*

Un chapitre de cet ouvrage a du reste déjà été publié dans le *Journal de Radiologie* (janvier 1913). Il comporte en particulier la discussion de la question : « Dans quelles conditions les accidents de l'électricité industrielle, rentrent-ils dans le cadre de la loi des accidents du travail? »

D. — INSTRUMENTS NOUVEAUX

1. **Spiro-conducteur du Dr Zimmern**, construit pour la première fois par Lézy, utilisé dans toutes les installations de radiologie. — Cet instrument est un ruban métallique conducteur, qu'un ressort de rappel ramène dans sa loge quand il n'est plus en service.

2. **Tube bianodique et bianticathodique**, publié in *Radiothérapie* de Oudin et Zimmern, avec deux anticathodes, l'une en iridium, l'autre en platine, tube destiné à donner pour un même degré de vide des rayons de dureté différente.

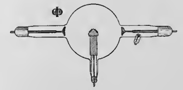


Fig. 1 — Tube bianodique et bianticathodique.

3. **Onduleur faradique Zimmern-Turchini, pour l'obtention de courants faradiques progressivement croissants et décroissants.** (*Arch. d'Élect. méd.*, 25 octobre 1910.)

Cet appareil, étudié et réalisé sur nos données par la Maison Gaiffe, est disposé pour onduler le courant faradique et peut, bien que d'un volume très réduit, répondre à tous les besoins de l'électromécanothérapie.

Il se compose :

1° D'un appareil faradique à trembleur rapide de Neef du type à chariot, alimenté par deux piles sèches.

L'inducteur de cet appareil faradique est mobile dans une glissière et en l'entrant d'une quantité plus ou moins grande dans l'induit fixe, on fait varier l'intensité du courant induit.

Un petit interrupteur sert à lancer le courant dans le circuit primaire ; il est disposé de telle façon qu'on ne peut fermer l'appareil, tant que ce circuit n'est pas coupé, on évite ainsi l'usure rapide des piles, qui pourrait se produire en cas d'oubli.

2° D'un collecteur C composé d'une série de plots isolés, disposés en cercle et reliés symétriquement deux à deux ; sur ces plots frotte un balai métallique porté par l'axe d'un mouvement d'horlogerie.

D'autre part, la bobine induite est divisée en un certain nombre d'enroulements

secondaires associés en série ; l'extrémité de chacun des deux étant reliée avec deux des plots conjugués du collecteur.

Lorsque le balai se déplace, il met automatiquement dans le circuit du malade, 1, 2, 3, etc., jusqu'à la totalité des enroulements secondaires, puis, la rotation continuant, le balai supprime successivement chacun d'eux.

L'intensité dans le circuit a suivi la croissance, puis la décroissance du nombre des enroulements secondaires passant ainsi de 0 au maximum, pour revenir à 0 et continuer indéfiniment tant que le mouvement d'horlogerie assure la rotation du balai.

4. **Spectrographe à rayons X.** — Ce dernier instrument comble une lacune. A ce jour, il n'existe pas en France de modèle commode et pratique de spectrographe. Tous les physiciens qui ont fait des recherches ou des travaux sur les spectres ont utilisé pour cela un cristal tournant sur une plate-forme, au-devant d'une fente pratiquée dans une volumineuse cuve en plomb renfermant la source (méthode de de Broglie).

Il nous a semblé utile de faire construire un appareil transportable dispensant de la grande cuve, protégé lui-même par une boîte en plomb, réglé une fois pour toutes, et muni d'un certain nombre de dispositifs accessoires permettant la prise facile et rapide de spectrogrammes.

Un premier modèle a été exposé au stand de son constructeur à l'Exposition du Cinquantenaire de la Société de Physique. Il se compose d'une fente avancée, destinée à limiter le faisceau à analyser, faisceau issu de l'anticathode, qu'il y a avantage à placer sous l'incidence rasante. Cette fente ou collimateur est de largeur variable, de manière à pouvoir obtenir à volonté des raies K et L plus ou moins fines. Les deux joues de la fente, masses opaques indéformables, sont disposées de manière à pouvoir s'écarter chacune d'une distance égale de la ligne de foi de l'appareil. Une vis moletée règle ce déplacement. La fente peut, du reste, être plus ou moins rapprochée de la paroi du tube. Une seconde fente à volets mobiles est placée en arrière et sert à limiter encore le faisceau comme aussi à intercepter une partie du rayonnement secondaire.

Sur une plate-forme tournante placée au centre de l'appareil repose le cristal tournant. Celui-ci est fixé dans un logement rectangulaire qui admet toutes sortes de cristaux si l'on désire utiliser des cristaux de structure différente, c'est-à-dire ayant des distances spatiales différentes entre les plans réticulaires.

Le cristal, taillé convenablement une fois placé dans son logement, se trouve automatiquement avoir sa face antérieure en coïncidence avec le plan vertical passant par le centre de rotation de l'appareil qui, lui-même, se trouve sur la ligne de foi.

Nous avons renoncé à faire tourner le cristal d'une façon uniforme par un mouvement constant, un mouvement d'horlogerie par exemple. Il est plus avantageux d'obtenir son déplacement par un mouvement oscillatoire qui permet de balayer plusieurs fois de suite la plaque photographique par le faisceau réfléchi. A cet effet un moteur électrique entraîne une vis sans fin dont le mouvement est calculé pour obtenir

un déplacement relativement très lent du cristal. Le changement de sens au mouvement de la plate-forme est obtenu par deux relais électriques (actionnés par des piles auxiliaires) qui renversent le sens d'excitation du moteur. Ces relais sont mobiles, de manière à limiter l'ampleur des oscillations et à pouvoir obtenir ainsi, à volonté, des

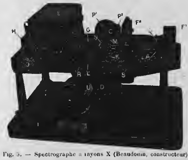


Fig. 5. — Spectrographe à rayons X (Beaudouin, constructeur).



Fig. 6 — Spectre du tungstène.



Fig. 7 — Spectre du platine.

zones plus ou moins étendues des spectres. On peut ainsi n'avoir à volonté que la région K ou la région L.

Indépendamment du mouvement électriquement entretenu, la plate-forme peut être placée dans une position quelconque par la manœuvre d'un bouton moleté extérieur à l'appareil.

En arrière de la plate-forme à une distance de son centre de rotation, qui peut être

rendue égale à celle qui la sépare du collimateur, se trouve la plaque ou le film enfermé dans un châssis spécial qui permet également l'introduction d'un écran renforçateur.

Toutefois, comme l'emploi d'un écran renforçateur modifie les intensités relatives des différentes longueurs d'onde, nous avons prévu une chambre de chauffe destinée à utiliser la propriété que nous avons signalée dans un précédent travail, à savoir l'augmentation de sensibilité des émulsions à l'impression des rayons X sous l'influence de la température. (Voir page 13.)

Un couvercle en plomb vient s'appliquer sur l'appareil et le rend étanche vis-à-vis des rayons X primaires et secondaires.

Le réglage général de l'appareil est fait, une fois pour toutes, par le constructeur. Il suffit, pour obtenir un spectrogramme convenable, de disposer le tube dont on veut analyser l'émission de telle manière qu'un faisceau d'intensité convenable pénètre par la fente

A cet effet un écran fluorescent doublé d'un verre au plomb est placé à l'arrière de l'appareil, un repère linéaire indique la situation que doit prendre la tache centrale pour que tout l'appareil soit convenablement centré.

Depuis ce premier modèle qui nous a permis d'obtenir facilement les régions K et L des métaux voisins en poids atomique du tungstène (fig. 6 et 7), nous avons mis en construction un appareil identique, auquel nous avons apporté une série de perfectionnements facilitant, d'une part, le réglage, permettant d'autre part l'obtention de clichés plus ou moins dispersés, et nous avons à l'essai un dispositif pour la mesure des plus courtes longueurs d'onde utilisées en radiothérapie.

E — POLARISATION DE LA LUMIÈRE

Préparation de surfaces polarisantes (*ces expériences sont encore inédites*).

Cette recherche que nous poursuivons depuis plus de deux ans a pour objet la réalisation de grandes surfaces polarisantes, polarisant la lumière à la manière de la tourmaline (pléochroïsme).

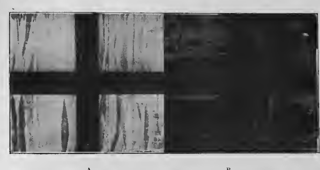
Pendant la guerre, les physiciens s'étaient déjà attachés à résoudre ce problème en vue du repérage des sous-marins.

On sait, en effet, qu'un observateur ne peut apercevoir un objet situé à une certaine profondeur dans la mer en raison de la diffusion à sa surface des rayons lumineux. Mais ces rayons diffusés étant partiellement polarisés, on conçoit qu'un analyseur peut amener ceux-ci au voisinage de l'extinction. Après de longs et patients efforts, Bénard est arrivé à construire quelques jumelles dont l'oculaire était recouvert d'un cristal d'*hérapathite*.

L'hérapathite (sulfo-iodhydrate de quinine) possède, en effet, cette curieuse propriété de polariser partiellement la lumière sous une très faible épaisseur (de l'ordre du centième ou du dixième de millimètre). Mais si ce corps est assez facile à obtenir en lames cristallines minces, il n'a, par contre, jamais pu être obtenu jusqu'ici en cristaux volumineux de grande surface.

De plus, on n'a jamais pu réaliser l'uniformité dans l'orientation des axes optiques.

Pour couvrir dans leur jumelle l'ouverture pupillaire, une lame cristalline de 0 cm.4 de côté peut suffire à la rigueur. En général on obtient, en suivant le procédé de préparation indiqué par Hérapath, des cristaux de 0 cm. 2. Des dimensions supérieures n'ont été obtenues qu'exceptionnellement et les plus grands cristaux réalisés



A B

Fig 8 — A. Feuille de papier éclairée, vue à travers une double couche de grands cristaux d'hérapathite
B La même après rotation de 90° de la lame antérieure.

par Hérapath, au prix des plus grandes précautions, n'ont jamais dépassé le centimètre.

Après de nombreux tâtonnements, nous avons été assez heureux pour obtenir des cristaux de grandes dimensions — de plusieurs centimètres de côté, et les perfectionnements que nous apportons tous les jours à notre technique nous donnent l'espoir d'arriver, dans un avenir prochain, à présenter des lames cristallines homogènes, à axe optique uniformément orienté, et de dimensions notables (15 ou 20 centimètres de côté).

La réalisation des surfaces polarisantes de cette étendue serait susceptible de recevoir de nombreuses applications dans la science et l'industrie, en optique ordinaire, en optique photographique, en cinématographie.

Dans ses grandes lignes, la technique que nous avons imaginée est la suivante :

1° Au lieu de constituer la solution-mère par le mélange alcool-acide acétique-

quinine et teinture d'iode, préconisé par Hérapath, nous faisons agir sur le liquide non iodé de la *vapeur d'iode* portée à une température voisine de 30°;

2° A la solution de quinine nous ajoutons une substance organique, soluble, cristallisante sous forme de longues aiguilles (caféine par exemple), dont le rôle nous semble devoir être une amorce à la cristallisation du sulfo-iodhydrate de quinine;

3° La solution est placée dans une cuve rectangulaire étroite où plonge verticalement une lame de verre sur laquelle viendra se déposer le sel. En ménageant à la base de la cuve un écoulement goutte à goutte, les cristaux obéissent dans leur formation à l'action de la pesanteur et se déposent à la surface du verre, d'abord sous forme de pyramides triangulaires, ensuite, au fur et à mesure de leur développement en hauteur, sous forme de lames rectangulaires verticales, qui résultent du fait que les pyramides, lorsqu'elles arrivent au contact l'une de l'autre, se gênent dans leur développement horizontal;

4° Lorsque le produit est déposé sur le verre, son adhérence y est parfaite.

Il ne nous a pas été possible jusqu'ici de déterminer d'une façon précise tous les facteurs d'insuccès[1] de ce mode de préparation, qui, tout en étant en quelque sorte automatique, exige cependant des soins assez minutieux.

En se plaçant non plus au point de vue du but pratique à atteindre, mais au point de vue purement cristallographique, nous estimons que ces recherches, au cours desquelles on peut suivre instant par instant le développement des cristaux, pourra permettre de résoudre un certain nombre de problèmes de *cristallogénie*.

———————

F. — VARIA

Les interrupteurs lents en radiographie. (*Acad. de Médecine* 1916 et *Journal de Radiologie* 1916.)

En vue de diminuer les dangers auxquels est exposé le médecin radiologiste, lorsqu'il fait de la radioscopie, notamment lorsque pendant la guerre nous avons eu à examiner un nombre considérable de blessés, il nous a semblé utile de rechercher si, en radioscopie, l'éclat de l'écran étant maintenu constant, l'abaissement du nombre des interruptions jusqu'au seuil du papillotement ne diminuait pas l'effet chimique et, par suite, l'effet nocif.

La réduction de l'intensité au minimum indispensable est une précaution que ne prennent guère que les médecins rompus à la pratique des rayons, et notamment ceux qui ont eu déjà à souffrir de leurs atteintes.

Il nous a paru intéressant de rechercher si ce moyen de réduction du flux était légi-

[1] Il se forme parfois dans certaines conditions des sphérolites, des édifices hélicoïdaux ; par contre, on ne constate que très rarement la production de mâcles

time et si, à visibilité égale sur l'écran, une réduction de la fréquence n'était pas préférable à une réduction d'intensité du courant. L'expérimentation nous a permis de vérifier cette hypothèse et de conclure : Lorsqu'on abaisse la fréquence des excitations d'un tube à rayons X tout en maintenant constant l'éclat de l'écran radioscopique par une augmentation convenable de l'intensité, les effets chimiques diminuent. Ou, en d'autres termes, d'apparence peut-être moins paradoxale : En agissant successivement sur une même bobine avec deux interrupteurs fonctionnant à des vitesses différentes, mais donnant néanmoins, grâce à un réglage convenable des intensités qu'ils laissent passer, un éclat identique sur l'écran, on aura une action chimique moindre en faisant usage du plus lent.

On pouvait croire *a priori* qu'en diminuant le nombre des excitations dans le tube,

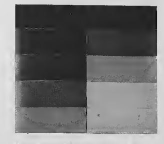


Fig. 9. — Reproduction d'un cliché ayant servi à la mesure photométrique du noircissement. Les plages de la moitié gauche du cliché correspondent à l'impression directe de la plaque pendant 2-4-6-8-10 minutes (de bas en haut) à l'aide d'un interrupteur fonctionnant à 42 par seconde ; celles de la moitié droite sont obtenues dans les mêmes conditions, mais avec un interrupteur lent fonctionnant à raison de 12 interruptions par seconde.

l'éclat de l'écran doive diminuer. Or, il n'en est rien et Turchini a, du reste, montré(1) il y a longtemps déjà que, à intensité égale dans le tube, l'éclat de l'écran augmente lorsque la fréquence de l'interrupteur s'abaisse.

La durée de la persistance des images lumineuses sur la rétine est sous la dépendance de l'intensité de la sensation et varie en raison inverse de cette dernière. Le phénomène est bien connu en optique physiologique. Observé et étudié avec soin par Helmholtz, il a été repris et en quelque sorte formulé sous forme de loi par Charpentier (2). Avec 11 ou 12 excitations par seconde, alors qu'un champ d'écran vivement éclairé est insupportable à fixer, une plage d'éclat moyen, convenablement diaphragmée, ne présente qu'un papillotement insignifiant, nullement gênant, et sur un tel fond, un corps opaque tel qu'une balle, un schrapnell, un éclat d'obus forme une tache noire rigoureusement nette et fixe.

(1) Turchini. — Etudes expérimentales sur la puissance du tube à rayons X. *Thèse Paris*, 1905.
(2) Le produit $P\sqrt{I}$ de la persistance par la racine carrée de l'intensité est un nombre constant.

On pouvait dès lors se demander s'il n'y a pas intérêt en radioscopie à travailler à la limite du papillotement, au lieu de laisser courir l'interrupteur à 30, 40, ou davantage, interruptions à la seconde et de se contenter d'abaisser l'intensité du courant passant dans l'ampoule au minimum nécessaire pour la vision convenable.

Pour résoudre ce problème, nous avons amené successivement à l'identité d'éclat avec une plage témoin[1], et cela sur le même écran : 1° une plage fluorescente fournie par un tube excité à raison de 42 interruptions par seconde; 2° une plage fluorescente fournie par le même tube mais produite cette fois en coupant le circuit par un interrupteur lent tournant à 11, 12, ou 13 interruptions par seconde, ou plus exactement tournant à la vitesse limite du papillotement. Dans ce second cas, l'identité d'éclat était obtenue par une augmentation d'intensité du courant dans le tube.

Nous sommes redevables à notre ami M. Gallot d'avoir bien voulu nous établir un interrupteur de ce genre.

Or, dans ces deux cas où la sensation est la même, les effets chimiques sont nettement différents.

On peut déjà s'en faire une idée en exposant au rayonnement fourni par les deux modes d'excitation une pastille de Sabouraud-Noiré, mais ainsi que le montrent les résultats ci-dessous, les temps nécessaires au virage n'ont présenté qu'une concordance imparfaite, ce qui tient en partie à la difficulté d'appréciation de la teinte B, et peut-être surtout à ce qu'à l'époque où nous avons utilisé ce test, nous n'avions pas eu la précaution avant chaque expérience de nettoyer à fond l'interrupteur et de filtrer le mercure qui s'encrasse toujours un peu au premier arrêt.

Dans une série de 5 expériences, la teinte B a été obtenue en :

	Interrupteur fréquence : 42. (1 m. A. dans le tube).	Interrupteur fréquence : de 11 à 12. (donnant le même éclat).
1re expérience	15 min.	18 1/2 min.
2e expérience	12 —	15 —
3e expérience	13 —	21 —
4e expérience	15 —	19 —
5e expérience	15 —	22 —

Une méthode beaucoup plus sûre est celle qui consiste à impressionner successivement avec les deux modes d'excitation du tube une moitié de plaque photographique[2] dont on découvre une bande de deux en deux minutes. Les six bandes de gauche de la plaque représentent 2, 4, 6... 12 minutes d'exposition avec un interrupteur de fréquence : 42; les six bandes de droite les mêmes temps dans un tube actionné par un

[1] Celle-ci nous était fournie par un autre tube fonctionnant simultanément et maintenu à une intensité rigoureusement constante.

[2] Plaque Lumière. Étiquette orange.

interrupteur de fréquence : 12 [1] les intensités ayant été réglées pour donner à l'écran un éclat identique que l'on vérifie par ailleurs, plusieurs fois au cours de l'expérience.

La mesure du noircissement de ces bandes au photomètre nous a donné dans quatre expériences les valeurs suivantes :

Valeurs du noircissement.

1 m. A. dans le tube.

Expérience 1. — **Expérience 2.**

Distance du tube à la plaque : 35 cm.			Distance du tube à la plaque : 25 cm.		
Minutes.	Valeurs du noircissement.		Minutes.	Valeurs du noircissement	
	Interrupteur fréquence : 42.	Interrupteur fréquence : 12.		Interrupteur fréquence : 42	Interrupteur fréquence : 12.
2	1	0	2	4	2
4	7	4,5	4	10,5	6
0	12	7,5	6	16	8,5
8	14,5	10	8	20,5	12
10	17	12.5	10	22	14
12	21	14,5	12	26,5	17

Valeurs du noircissement.

0 m. A. 5 dans le tube.

Expérience 3. — **Expérience 4.**

Distance du tube à la plaque : 35 cm.			Distance du tube à la plaque 25 cm.		
Minutes.	Valeurs du noircissement.		Minutes.	Valeurs du noircissement.	
	Interrupteur fréquence : 42.	Interrupteur fréquence · 12.		Interrupteur fréquence : 42	Interrupteur fréquence , 12.
2	»	»	2	10,5	9
4	10,5	»	4	20	17
6	17	7	6	28,2	22.2
8	26,8	13	8	35	26
10	32,2	18,5	10	41,3	29
12	39,2	23,5	12	42 5	33,2

De la comparaison de ces valeurs respectives se dégage le fait que pour obtenir approximativement le même noircissement de la plaque il faut un temps t avec la fréquence 42, et un temps sensiblement $t + \frac{t}{2}$ avec la fréquence 12.

En d'autres termes, l'effet chimique obtenu en 4 minutes avec l'interrupteur rapide correspond à celui obtenu en 6 minutes avec l'interrupteur lent.

[1] Les fréquences ont été mesurées à l'aide du signal de Deprez.

On vérifiera encore les valeurs approchées obtenues respectivement en 8 minutes avec le premier, en 12 avec le second.

La différence entre les effets des deux fréquences tient évidemment à une double cause : l'espacement des périodes d'activité du tube et, d'autre part, la modification qualitative du faisceau lorsqu'on augmente l'intensité pour maintenir, dans le cas de l'interrupteur lent, l'éclat de l'écran à la même valeur qu'avec l'interrupteur rapide.

En admettant un certain parallélisme des effets des rayons sur la plaque photographique, avec leur action sur le revêtement cutané on voit que la réduction des effets nocifs relève à la fois de la diminution du nombre des excitations et du durcissement du faisceau.

Il en résulte que si, en radiographie, il peut être indifférent de se servir du courant continu ou du courant alternatif, pourvu que les appareils de transformation fournissent de la puissance, en radioscopie, par contre, il y a avantage à n'utiliser que du courant continu pour pouvoir être maître de la fréquence, et la possibilité de réduire par l'usage des interrupteurs lents l'action nocive du rayonnement doit amener les constructeurs à l'établissement de dispositifs permettant d'abaisser la vitesse des interrupteurs jusqu'au minimum imposé par la persistance des images lumineuses sur la rétine.

2. **A propos des rayons secondaires.** (*Soc. de Radiol.*, 11 mai 1920.)

Des lames métalliques minces sont susceptibles lorsqu'elles sont placées au contact de l'émulsion de renforcer l'impression par les rayons X des surfaces sensibles. Ce fait bien connu est attribué généralement aux rayons secondaires, sans qu'on ait précisé s'il s'agit des rayons secondaires diffusés de nature ondulatoire, ou des électrons émis par le métal sous l'action des rayons X (effet photo-électrique). Or, si l'on prend une plaque peu impressionnable par les rayons, c'est-à-dire de faible sensibilité, et où la pose a été insuffisante pour produire l'impression, on constate que les métaux placés au contact de la couche sensible ont émis un rayonnement très photogénique tandis que la plaque elle-même est à peine impressionnée par les rayons, ce qui exclut la possibilité d'une impression par émission secondaire de même nature, c'est-à-dire ondulatoire.

II

PHYSIQUE APPLIQUÉE — ÉLECTROPHYSIOLOGIE

A. — L'ÉLECTROMYOGRAPHIE

Les résultats obtenus par l'electrocardiographie nous ont fait penser que l'on pourrait trouver également dans l'inscription des courants engendrés par la contraction volontaire ou réflexe des muscles de la vie de relation des renseignements utilisables en neuropathologie.

Nous avons été les premiers en France à nous occuper de cette question.

1° **Sur l'électromyographie** (en collab. avec Cottenot) (*Soc. de biol.*, juillet 1922, publié *in extenso* in *Presse médicale*, 25 oct. 1922, et *Journal de Radiologie*, janvier 1923).

L'électromyographie enregistre et étudie la force électromotrice engendrée par la contraction des muscles.

En effet, tout muscle qui se contracte engendre une force électromotrice. Unissons par l'intermédiaire d'un galvanomètre deux points de la surface d'un muscle mis à nu; provoquons la contraction de ce muscle : celle-ci s'accompagne de la production d'un *courant d'action* qu'indique la déviation du galvanomètre. Ce dernier subit une oscillation double ; le courant dérivé est, en effet, diphasique.

C'est Dubois-Reymond qui, le premier, mit en évidence, chez l'homme, le courant d'action produit par la contraction des muscles du bras; un peu plus tard, Hermann dériva à travers la peau le courant d'action des muscles de l'avant-bras en excitant le médian.

Tous les progrès de l'électrocardiographie datent de l'emploi du galvanomètre à corde de Einthoven. Mais celui-ci n'est pas le seul qui puisse être utilisé; on peut en effet se servir aussi de systèmes à cadre mobile extrêmement légers et de très faible inertie.

L'étude des courants des muscles nécessite d'ailleurs une sensibilité plus grande

que l'électrocardiographie, l'intensité des courants qu'il s'agit de déceler étant, dans les conditions de dérivation utilisées, dix fois plus faible que celle des courants du cœur. Il va sans dire que les plus grandes précautions doivent être prises pour éviter les courants de polarisation. Piper employait à cet effet des électrodes liquides maintenues au contact de la peau par une membrane de parchemin.

Nous leur avons préféré des électrodes impolarisables constituées par une lame d'argent recouverte de chlorure d'argent obtenu électrolytiquement et appliquée sur les téguments à l'aide d'une couche de gaze imbibée de la solution physiologique.

Nous nous sommes attachés à vérifier au cours des travaux poursuivis pendant plusieurs années les résultats actuellement acquis on électromyographie.

A cet effet, nous avons utilisé tantôt le galvanomètre à corde, tantôt un dispositif à cadre mobile. Nos recherches ont porté sur les trois points suivants : 1° Excitation isolée d'un nerf; 2° Excitation d'un réflexe; 3° Contraction volontaire.

1° ***Excitation isolée d'un nerf.*** — Le nerf médian se prête facilement à l'expérience; prenons-le comme exemple. Lorsqu'on excite ce nerf par des chocs d'induction, on peut observer que chaque contraction des fléchisseurs de l'avant-bras donne naissance à un courant d'action qui se traduit par une onde diphasique, cheminant de part et d'autre de l'équateur du muscle. L'inscription simultanée de ces deux ondes ascendante et descendante, recueillies à chacune des extrémités du muscle, montre qu'elles sont de sens opposé, ce qui est facile à concevoir; qu'elles ont une forme légèrement dissemblable, l'onde ascendante ayant des sommets plus aigus que l'onde descendante, enfin que leur durée est très voisine de 1/50e do seconde. L'étude de ces courbes permet de déterminer la vitesse de propagation de l'ondo contractile.

2° ***Excitation d'un réflexe.*** — La contraction déterminée dans un muscle par excitation d'un réflexe, la contraction du quadriceps crural consécutive à la percussion du tendon rotulien par exemple, donne naissance à une onde diphasique exactement semblable à celle quo produit l'excitation isolée du nerf moteur (fig. 10).

3° ***Excitation par la volonté.*** — D'après les expériences de Piper, à chaque contraction volontaire correspond une série d'oscillations du galvanomètre. Quand les deux électrodes sont placées du même côté de l'équateur du muscle, par exemple à la partie inférieure de l'avant-bras, on a des oscillations régulières, et qu'il est possible de dénombrer; il existe, il est vrai, parfois, quelques irrégularités causées par de petites oscillations dues sans doute à des ondes se composant entre elles, mais l'allure générale de la courbe est très régulière, et le nombre des oscillations se chiffre autour de 50 par seconde.

Nous avons vu que l'excitation électrique isolée donne une oscillation diphasique d'une durée de 1/50e de seconde. La courbe donnée par l'excitation volontaire est donc identique à celle que fournirait un générateur électrique produisant 50 excitations par

seconde. Autrement dit, les centres moteurs paraissent envoyer au muscle une succession de salves d'une fréquence de 50 par seconde, rythme constant, caractéristique de l'excitation volontaire.

Quant à l'amplitude de ces oscillations, elle augmente d'une part avec l'énergie de la contraction, d'autre part avec la surface des électrodes qui dérivent le courant.

Les courbes que nous avons obtenues sont analogues à celles de Piper. A défaut de

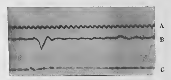


Fig. 10 — Electromyogramme de réflexe rotulien : A, diapason au 1/100e de seconde. B, électromyogramme ; C, excitation.

galvanomètre à corde insuffisamment sensible, nous avons opéré avec un galvanomètre à cadre mobile, et dans des conditions d'amortissement excellentes. Nous reproduisons ici deux de nos courbes (fig. 10 et 11). Ces deux courbes, l'une, courbe de

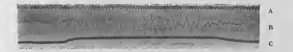


Fig. 11 — Electromyogramme de contraction volontaire (biceps sain). A, diapason, 1/100e de seconde ; B, électromyogramme ; C, courbe de gonflement du muscle.

réflexe rotulien, l'autre courbe de contraction volontaire des fléchisseurs des doigts présentent bien les caractères qui ont été décrits par Piper. Sur la courbe de la contraction volontaire on distingue facilement les grandes oscillations qui sont au nombre de 50 environ par seconde, et les petites oscillations secondaires de moindre amplitude.

Nous avons pu constater d'ailleurs que la régularité de la courbe dépend pour une grande part de la situation des électrodes, et il est bien possible que ce soit là la cause des résultats contradictoires qui ont été trouvés par Garten.

B. — LE RÉFLEXE GALVANO-PSYCHIQUE

Travail fait pendant la guerre pour servir au diagnostic des anesthésies organiques et fonctionnelles et pour dépister la simulation.

Le réflexe galvano-psychique (en collab. avec Logre). (*Soc. de Neurologie*, 7 juin 1917 et 5 juillet 1917.)

Le réflexe galvano-psychique (en collab. avec Logre). (*Journal de Radiologie et d'Électrologie*, 1917.)

Le réflexe galvano-psychique est peu connu en France où il n'a été l'objet que de quelques travaux isolés.

Lorsqu'on place un sujet dans un circuit galvanique de très bas voltage (2 à 4 volts), les électrodes étant placées dans la main, et le sujet étant invité à rester dans l'immobilité, la résolution musculaire, voire l'indifférence psychique, si l'on vient à provoquer chez lui une excitation sensitive, tactile, douloureuse ou thermique, ou bien une excitation sensorielle, auditive ou visuelle, bruit de cloche par exemple, coup de sifflet, éclair de magnésium, projection de lumière, etc., ou bien encore si l'on provoque une émotion ou qu'on sollicite une opération mentale, il se produit une déviation plus ou moins accusée du galvanomètre, témoin d'un accroissement momentané de l'intensité du courant. C'est cet accroissement momentané du courant qui constitue le phénomène réflexe galvano-psychique.

a) ***Le courant de repos. Son explication anatomique***. — Il se produit cependant tout d'abord, avant l'excitation une modification de l'intensité dans le sens de la diminution appelée par Veraguth courant de repos, phénomène inverse de ce que l'on observe généralement avec des voltages plus élevés puisqu'on sait que le passage du courant dans l'organisme à l'état constant se traduit par une diminution de la résistance et une élévation de l'intensité.

Or, on sait qu'à la paume de la main le plus souvent, quel que soit le voltage, la résistance augmente,

Cette exception à la loi générale de la décroissance de la résistance sous l'influence du passage du courant *nous a paru relever d'une raison anatomique* propre aux régions riches en glandes sudoripares comme la paume de la main.

A la paume de la main la particularité anatomique essentielle du tégument est la richesse en glandes sudoripares. Non seulement les glandes sudoripares y existent en plus grand nombre que partout ailleurs, mais surtout elles ne voisinent pas là avec des glandes sébacées. Ce sont les glandes sudoripares et exclusivement les glandes sudoripares qui par leur état d'humidité constante tiennent sous leur dépendance la résistance au niveau de la paume de la main. Or, si la résistance croît en fonction du

temps, deux hypothèses sont possibles : ou que la sécrétion glandulaire diminue, ou que l'écoulement s'en trouve entravé. La première, la diminution de la sécrétion glandulaire, n'est pas en harmonie avec ce que l'on sait de l'action excito-sécrétoire de l'électricité : le courant continu n'a pas coutume d'inhiber une sécrétion glandulaire. On connaît par ailleurs l'existence dans le segmemt sécréteur des glandes sudoripares de cellules musculaires dites myo-épithéliales, appuyées sur la paroi, isolées les unes des autres et ayant vraisemblablement pour mission de favoriser la progression vers l'extérieur des produits de la sécrétion sudorale. L'excitation électrique permanente de ces cellules augmente leur tonus : de séparées qu'elles étaient, elles arrivent au contact les unes des autres, d'où réduction du calibre du segment glomérulaire et réduction de la quantité de sueur déversée dans les assises profondes de l'épiderme. L'augmentation de résistance s'explique ainsi par l'obstacle à l'excrétion glandulaire et la dessiccation corrélative du conduit sudorifère et de l'épiderme normalement imprégnés par la sécrétion sudorale.

b) ***Le réflexe galvano-psychique. Son explication anatomique.*** — Ce qui paraît résulter incontestablement de nos expériences, *c'est que ce phénomène se passe au*

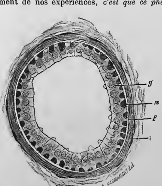


Fig 12. — Coupe transversale de l'ampoule d'une glande sudoripare de la pulpe de doigt de l'homme (d'après Ranvier). *g*, cellules glandulaires ; *m*, cellules musculaires , *p*, membrane propre ; *t*, tunique connective.

niveau des glandes sudoripares. Le fait que le réflexe galvano-psychique a son siége d'élection à la paume de la main, ainsi que nous le verrons, qu'il est difficile ou impossible à déceler dans les régions pauvres en glandes sudoripares, ne peut laisser à cet égard aucun doute. En plaçant les électrodes sur le dos de la main, sur la face postérieure de l'avant-bras, nous n'avons jamais pu obtenir une déviation notable du galvanomètre.

L'explication de l'augmentation momentanée d'intensité du courant sous une excitation sensitive, sensorielle ou psychique, qui s'offre immédiatement à l'esprit est que ces excitations, déterminant une légère hypersécrétion, amélioreraient un instant la conductibilité sous les électrodes. Il s'agirait, en somme, d'une augmentation imperceptible de la sécrétion sudorale.

Mais il n'en est rien, car, si au lieu d'électrodes métalliques ou même humides, on utilise des cuves, le réflexe apparaît presque avec la même netteté. Or, dans ce cas, l'eau du bain arrive en contact intime avec la surface des téguments et l'on s'explique mal *a priori* qu'une faible quantité de sueur émise à l'orifice des conduits excréteurs puisse modifier d'une façon notable la conductibilité de la chaîne. On comprendrait le rôle de cette sécrétion entre la peau et une électrode métallique : on ne la comprend plus entre la peau et une électrode représentée par l'eau d'un bain.

Pour nous l'accroissement de conductibilité qui relève du réflexe galvano-psychique a pour siège, *non pas la surface de la peau* comme on se le figure généralement, mais *le conduit excréteur de la glande*. Et ici intervient encore, à notre sens, *la fibre myo-épithéliale*.

Sous l'excitation sensitive, sensorielle ou psychique, la fibre lisse myo-épithéliale, maintenue en tonus par le courant, se relâche et donne libre cours à la *vis a tergo* qui expulse une petite quantité de liquide retenu dans le glomérule. De la sorte le réflexe galvano-psychique rétablit, entre l'acinus et la surface cutanée, la liaison humide entravée par le resserrement des canaux sécréteurs sous l'action du courant continu.

Ce rôle que nous assignons ainsi à la fibre musculaire annexe des glandes sudoripares n'a rien qui puisse surprendre. Il offre une étroite analogie avec le mécanisme classique de la vaso-constriction et de la vaso-dilatation des artérioles.

A la vaso-dilatation paralytique produite par l'excitation des nerfs sensibles, ou par les influences psychiques (éreuthophobie par exemple) correspond le relâchement des fibres musculaires glandulaires. L appareil régulateur, suspendu dans sa fonction, laisse l'artériole comme la glande, livrée aux effets de la *vis a tergo*.

Comme dans le réflexe galvano-psychique, nous trouvons dans la vaso-dilatation consécutive aux excitations périphériques une période latente de même durée : 3 à 5 secondes. Il suffit de se reporter aux courbes enregistrant les variations pléthysmographiques des doigts consécutives aux excitations, telles que la piqûre, pour y reconnaître que le temps de réaction est du même ordre de grandeur que le temps perdu du galvano-psychique et la forme de la courbe assez analogue.

D'autre part ce qui nous semble venir singulièrement à l'appui de notre conception, c'est la quasi-spécificité du réflexe galvano-psychique pour les excitations thermiques cutanées. On sait, en effet, que les irritations thermiques cutanées sont quasi-spécifiques pour les vaso-dilatateurs. Nous verrons que le galvano-psychique *est le plus sensible en général aux excitations thermiques*.

c) ***Technique instrumentale et procédés d'excitation.*** — La question des électrodes est de première importance. Veraguth faisait tenir à la main des cylindres conducteurs.

Ceux-ci ont l'inconvénient de ne couvrir qu'une surface relativement petite de la paume de la main et il est préférable de poser les mains sur des plaques métalliques. On a utilisé aussi des électrodes humides. Un dispositif assez commode est le bain d'eau, les mains tombant verticalement dans une cuve remplie d'eau et plongeant jusqu'au poignet. Sans doute, la région dorsale de la main intervient-elle dans ce dispositif, mais en raison de la grande résistance du tégument à ce niveau, le fait est sans importance. L'avantage de la cuve d'eau est qu'elle embrasse la surface cutanée de la paume tout entière, et qu'elle établit une parfaite connexion avec le tégument. Nous préférons toutefois des plaques d'étain recouvrant un gâteau de paraffine moulé sur le creux palmaire.

Avec nos *électrodes bipolaires* ci dessus décrites on peut le mettre en évidence sur chaque paume. On peut encore le recueillir en établissant le circuit entre une paume de main et un point quelconque du tégument, soit par exemple entre la main et la nuque.

Toutes les excitations sensitives et sensorielles sont susceptibles de déterminer la production du phénoméne, mais elles ne sont pas toutes efficaces au même degré.

Ainsi les excitations sonores l'emportent en général sur les excitations visuelles : chez un même sujet, l'éclair de magnésium devant l'œil produira toujours une déviation moins accusée qu'un coup de cloche ou l'appel énergique de son nom au voisinage de l'oreille.

L'excitation de la sensibilité cutanée dans ses trois modes donne en général des déviations du même ordre de grandeur que les excitations sonores. Pour chacun de ces modes, lorsque le phénoméne n'est pas en voie d'épuisement, l'importance de la déviation dépend de l'intensité de l'excitant : une pression déterminera évidemment un déplacement plus ample qu'un simple frôlement, la piqûre profonde agira plus énergiquement que la piqûre superficielle.

Mais, indépendamment de ces variations, il résulte de nos expériences que, pour des excitations moyennes, telles que celles qu'on a coutume de réaliser en clinique pour l'exploration des divers modes de la sensibilité, les réponses se hiérarchisent dans l'ordre suivant : *excitations tactiles*, *excitations douloureuses*, *excitations thermiques*.

Les différences d'amplitude correspondant aux trois modes de la sensibilité apparaissent d'une maniére particuliérement nette, lorsqu'on a soin de porter l'excitation aux points d'élection. C'est ainsi qu'il convient d'explorer le tact par frôlement sur la peau du front, la douleur par la piqûre du doigt, la sensibilité thermique par l'application d'un corps chaud (un tube à essai rempli d'eau chaude) sur le mamelon.

La réaction qui suivra cette dernière épreuve aura toujours une amplitude supérieure à celle des précédentes, si bien que l'on peut dire que l'excitation thermique est la pierre de touche du réflexe galvano-psychique. On voit dans certains cas les excitations tactiles et douloureuses rester inefficaces, l'excitation thermique, par contre, produire une déviation plus ou moins accusée.

Voici, à titre d'exemple, une série de résultats obtenus chez des sujets sains. Les chiffres indiquent les déviations en microampères :

	Sujet Z	Sujet L	Sujet S
Toucher front	30	0	20
Piqûre doigt	40	2	25
Excitation thermique du mamelon	50	15	50

	Sujet Z un autre jour.	Sujet L un autre jour
Toucher front	1	2
Piqûre doigt	5	15
Excitation thermique du mamelon	20	30

La chaleur apparaît donc bien comme l'excitant de choix du réflexe galvano-psychique.

Nous avons mentionné plus haut l'importance de cette particularité au point de vue de l'édification de la théorie sudoripare du phénomène. Elle est à retenir, d'autre part, au point de vue purement pratique pour sa recherche en clinique, notamment dans les cas où la déviation paraît faire défaut avec les autres excitants.

Applications clin.ques. — Avant nous, on a surtout voulu trouver dans le réflexe galvano-psychique un élément de mesure de l'affectivité. Mais, ainsi que nous l'avons montré, la recherche de ce réflexe est un procédé d'investigation dont le domaine est beaucoup plus étendu. Il permet : 1° de mesurer au niveau des téguments les réactions sympathiques en rapport avec le retentissement émotif des perceptions ; 2° de vérifier la nature organique des anesthésies, et par là d'écarter le soupçon de simulation. C'est à ce titre que nous avons cherché à l'utiliser pendant la guerre ; 3° de vérifier la nature organique des anesthésies sensorielles : cécité, surdité. La simulation de la surdité est impossible avec ce procédé d'investigation qui peut encore servir à préciser le seuil, minimum d acuité auditive.

C. — SOMMEIL ÉLECTRIQUE ET COMA ÉPILEPTIQUE

Le travail ci-dessous, entrepris à la suite des expériences de Leduc, nous a amené à interpréter les phénomènes observés comme étant du coma épileptique.

1. **Production expérimentale de l'épilepsie et particulièrement du coma épileptique par les courants de basse tension** (en collab. avec Dimier) (*Soc. de Biol.*, 19 juin-15 juillet 1905).

De l'épilepsie expérimentale (en collab. avec Dimier) (*Congrès de l'A. F. A. S.*, 1904)

Production de symptômes épileptiques par le courant galvanique intermittent de basse tension (épilepsie expérimentale) (en collab. avec Dimier) (*Arch. d'Élect. méd.*, mars 1907).

En 1902, Leduc faisait connaître les résultats d'expériences entreprises à l'aide d'une modalité particulière du courant galvanique, le courant galvanique intermittent de basse tension. Il décrivit sous le nom d'*inhibition cérébrale*, de *sommeil électrique*, un ensemble de phénomènes se produisant sous l'influence de ces courants appliqués sur le crâne d'animaux *non trépanés*, par conséquent à travers la calotte osseuse intacte. Cette inhibition consistait en un sommeil tranquille, prolongé, et une anesthésie générale complète. Le sommeil était réalisé instantanément, sans douleur apparente, et laissait intacts les centres de la respiration et de la circulation. L'action somnifère se réglait et se suspendait à volonté, et le sommeil n'était suivi d'aucune réaction consécutive.

Rappelons simplement que, pour obtenir cette inhibition, on place l'électrode négative sur la tête, la positive sur la région lombaire, et que l'on fait passer le courant intermittent en augmentant graduellement son intensité. L'animal se couche sur le flanc et, pendant toute la durée de l'expérience, semble dormir d'un profond sommeil.

L'analyse de phénomènes observés au cours d'expériences similaires nous a toutefois amenés à envisager les effets obtenus par l'excitation cérébrale au moyen des courants de Leduc, comme relevant tous du *syndrome de l'épilepsie vraie*. C'est ainsi que, suivant les conditions expérimentales où l'on se place, on pourra provoquer tantôt des phénomènes moteurs, tantôt des équivalents moteurs, tantôt des phénomènes d'inhibition rappelant fidèlement la période de coma de l'accès comitial.

Les animaux sur lesquels nous avons expérimenté ont été tour à tour des *lapins*, des *chiens*, une *chèvre*.

Quand on élève, d'une façon lente et graduelle, la force électromotrice du courant, on constate que l'animal tombe doucement sur le flanc et entre progressivement dans

un état comateux de plus en plus profond. L'observation des réponses du système nerveux aux deux modes d'établissement du courant — mode rapide ou mode lentement progressif — nous a amenés à cette conception : que toutes les fois que le cerveau de l'animal est traversé par un courant intermittent parfaitement rythmé et d'intensité rigoureusement constante, la dominante de la réponse cérébrale est le *coma*; que chaque fois, au contraire, qu'il se produit une variation dans l'intensité, même assez faible, ou une irrégularité dans la succession des interruptions ou leur fréquence, chaque fois qu'il se produit la moindre variation de résistance dans le circuit, il se produit des phénomènes d'*ordre clonique* plus ou moins accusés, suivant la grandeur de cette irrégularité ou de cette variation.

Notons qu'il est très difficile d'obtenir une régularité parfaite du courant intermittent, étant donnée la multiplicité des conditions requises pour l'obtenir.

L'absence de toute imperfection dans la marche de l'expérience reproduit fidèlement cette variété d'accès frustes connue sous le nom d'*accès soporeux*.

Au cours de l'établissement progressif du courant, il est exceptionnel, même en manœuvrant avec la plus grande lenteur, de ne pas observer quelques légers phénomènes moteurs.

Pendant la conduite de l'expérience on en peut observer d'autres d'un ordre différent, dont le plus frappant est certainement *l'hyperthermie*.

Caractères de l'épilepsie expérimentale fournie par les courants de basse tension. — Le pôle négatif est appliqué sur la région du crâne correspondant à la moitié antérieure des hémisphères. On élève l'intensité avec les plus grandes précautions.

a) Pendant la période d'ascension chez le chien, on observe d'une façon à peu prés constante : 1° des symptômes d'*aura* motrice : les plus fréquents sont des secousses de la face, du tremblement, de la contracture des divers groupes musculaires, du clignotement, des éternuements (ce phénoméne d'*aura* est l'un des plus fréquents), des spasmes glottiques. Parfois, le chien promène sa langue sur la commissure labiale ou se gratte l'oreille, tous phénomènes qui sont signalés en clinique.

2° Si l'on a soin de faire l'ascension d'une façon graduelle et trés lente, le passage de l'état de veille à l'état de coma se fait avec le minimum de phénoménes convulsifs. Ceux-ci peuvent être réduits à quelques rares secousses isolées dans les membres. Mais il suffit, ainsi que nous l'avons dit plus haut, de la moindre hâte ou irrégularité pour amener des convulsions cloniques plus ou moins intenses. Très souvent on observe la morsure de la langue, l'écume, l'émission des urines et des matières fécales, la tétanisation des muscles du dos maintenant la tête immobile, le spasme laryngé, amenant parfois un *cri initial*. Celui-ci se montre toutefois plus souvent quand on a placé le pôle positif sur la tête.

b) Lorsqu'on est arrivé à une certaine intensité du courant [1], on constate que

[1] L'intensité moyenne nécessaire pour observer ces phénomènes varie avec l'animal en expérience, avec la résistance des électrodes, etc. Dans nos expériences, ils nous sont apparus avec une intensité de 1 mA 1/2 à 2 mA 1/2 moyens chez le chien, de 3 à 4 mA moyens chez la chèvre.

l'animal est plongé dans le coma avec résolution musculaire presque complète. Toutefois, la face, d'une façon presque constante, et souvent l'une des pattes postérieures sont animées de mouvements extrêmement rapides, sortes d'oscillations paraissant se produire *en phase* avec les interruptions du courant. Nous n'avons pas recherché toutefois si elles étaient synchrones. Quelle que soit la précision avec laquelle l'expérience est conduite, cette trémulation de la face existe presque toujours. Elle ne saurait être imputée à un défaut ou un accident de technique, mais bien certainement à l'exquise excitabilité de l'innervation faciale.

C'est d'une façon tout à fait exceptionnelle qu'on observe chez le chien la résolution complète; il existe presque toujours une certaine raideur, parfois difficilement perceptible, mais qui a tendance à s'exagérer sous l'influence d'excitations périphériques. Dans les conditions présentes de l'expérience, elle est toujours plus marquée dans le train postérieur que dans le train antérieur. Les réflexes sont également accrus dans le train postérieur.

Chez la chèvre, le coma est toujours entrecoupé de grands mouvements cloniques des membres et de la tête, irréguliers et rappelant absolument les mouvements convulsifs de l'épilepsie chez l'homme, de grands battements de la queue. On note, en outre, chez cet animal, un nystagmus transversal; les yeux se convulsent en haut et en dehors.

En tout cas, chez tous les animaux, le coma s'accompagne d'*élévation thermique*. La température rectale monte à 41 degrés. Il y a parfois aussi du stertor.

c) La durée du coma est soumise à la volonté de l'expérimentateur, et s'il ne se produit aucune variation dans les conditions expérimentales, les phénomènes observés ne se modifient pas.

d) Pour ramener la conscienee, il suffit de ramener le courant à 0. On constate alors le retour très rapide des fonctions qu'elle qu'ait été la durée de la séance.

Si l'on refait l'expérience à une époque peu éloignée de la première, on remarque que la production du coma se fait avec une *facilité plus grande*, si bien qu'il suffit parfois d'une intensité moindre pour le provoquer. Ce fait répond, du reste, à ce que les physiologistes ont constaté dans l'épilepsie expérimentale, à savoir qu'il se produit à la suite des premiers accès (accès moteurs) une exagération telle de l'excitabilité cérébrale que des excitations auparavant inefficaces suffisent à en provoquer de nouveaux.

Tous ces phénomènes ont été observés chez des lapins, des chiens et une chèvre, et tous ces animaux réagissaient de façon semblable à l'action du courant. L'immunité du lapin et de la chèvre contre l'épilepsie n'existe donc pas.

Action des courants sur les centres respiratoires et cardiaques. — Pour inhiber les centres respiratoires et cardiaques chez les animaux en expérience, il suffit, une fois l'inhibition motrice obtenue, d'augmenter très légèrement l'intensité du courant de 4 à 5 dixièmes de mA. environ, qu'il ne faut toutefois pas dépasser si on ne veut pas s'exposer à voir la respiration s'arrêter.

Une très petite fraction d'intensité supplémentaire suffit donc pour amener la mort. Il est probable qu'il s'agit dans ce cas d'une inhibition des centres nerveux respiratoires.

Leduc a proposé, pour combattre cette inhibition, le même courant fréquemment interrompu, mais *rythmé* à raison de 15 à 16 passages par minute. Lorsque, par ce procédé, comme aussi par celui des tractions rythmées de la langue que nous avons également employé, le chien revient à la vie, la respiration prend pendant un certain temps le type Cheyne-Stokes.

Chez quelques animaux, l'augmentation d'intensité provoque non plus l'inhibition respiratoire, mais le tétanos généralisé. L'animal se met en opisthotonos avec contracture violente des muscles du thorax, dilatation brusque de la pupille, et la mort survient par tétanisation des muscles respiratoires. Les muscles de la glotte ne sont pas seuls contracturés. La trachéotomie, en effet, n'empêche pas la mort. On peut l'éviter toutefois dans ces cas en abaissant *à temps lentement* l'intensité du courant. On voit alors la contracture thoracique disparaître et les mouvements respiratoires reprendre leur rythme. Par contre, si l'on ramène brusquement en arrière la manette du réducteur, la mort est fatale. La suppression brusque du courant apporte sans doute, dans ce cas, une nouvelle cause d'excitation par effet de rupture.

Mais la mort peut être également indépendante de l'intensité du courant et se produire même avec des intensités relativement *très faibles*. Elle reconnaît alors un autre mécanisme que l'inhibition. Nous voulons parler de la mort par *apoplexie pulmonaire* (¹), accident que dans nos expériences nous avons observé environ une fois sur quatre.

Action du pôle positif. — C'est surtout dans l'excitation produite par le pôle négatif sur la tête — qu'on obtient le mieux le tableau de coma épileptique et des symptômes associés.

Lorsqu'on relie l'électrode frontale au pôle +, on constate que :

a) Le chien présente des mouvements de défense plus marqués.

Les mêmes symptômes s'observent chez la chèvre.

b) Le coma paraît moins profond ; la musculature du train antérieur (lapin, chien, chèvre) présente un état de raideur plus ou moins accentué.

c) Les réflexes sont exagérés ; il y a parfois même de la contracture vraie. Les mouvements de trémulation de la face sont également beaucoup plus marqués.

On remarque qu'au début de l'expérience les muscles du cou, contracturés, portent la tête vers le côté gauche. Lorsque l'excitation est faite avec le pôle — cette rotation fait souvent défaut ; mais si elle se produit, c'est en règle générale vers la droite.

Excitation localisée. — Nous avons cherché quelles étaient les réactions fournies par le cerveau lorsqu'on excite avec le pôle négatif diverses régions de la surface

(¹) Des phénomènes de cet ordre ont été signalés dans les accidents par les courants électriques industriels.

cranienne. C'est ainsi que nous avons excité successivement la région *préauriculaire*, la région *temporo-pariétale* et la région *préfrontale*.

Nous avons observé chaque fois les phénomènes suivants :

a) L'électrode négative en terre glaise, de la grandeur d'une pièce de un franc, est appliquée immédiatement en avant de l'oreille droite, au-dessus des apophyses mastoïdes; l'électrode positive indifférente est appliquée au milieu du dos. On élève l'intensité jusqu'à 6 mA. Au début, le chien ne paraît nullement incommodé, n'essaye pas de se défendre; on note quelques mouvements spasmodiqnes des muscles de la face du côté excité (excitation périphérique du facial), une salivation abondante spumeuse du même côté (corde du tympan). Puis le chien se couche sur le flanc opposé au côté excité et s'assoupit; il est dans un état de légère somnolence. Si on le pique, il réagit, pousse une plainte. Du même côté que l'électrode, on note que le membre postérieur est en flexion forcée; du côté opposé, le membre est en semi-contracture. Dans le train antérieur, pas de modifications notables, sauf peut-être un très léger degré de raideur. Les réflexes palpébraux des deux côtés sont extrêmement exagérés.

Si, dans le cours de l'expérience, on fait glisser légèrement en avant l'électrode céphalique, l'intensité restant la même, on remarque que, dans le train postérieur, la patte du côté de l'électrode se fléchit davantage; ce qui nous porte à croire que, par le déplacement de l'électrode en avant, le courant intéresse partiellement tout au moins la zone motrice. Si, au lieu de déplacer l'électrode en avant, on la déplace vers le sommet de la tête, le chien *meurt immédiatement*.

b) L'électrode négative est placée sur la région temporo-pariétale. On observe d'abord une évacuation abondante des matières fécales, une gêne respiratoire considérable. Le chien se couche; il n'y a pas de contracture, pas de coma à proprement parler, mais simplement un état paralytique généralisé qui empêche le chien de se lever et de se mouvoir.

c) L'électrode active est placée sur la région préfrontale. Vers 3 mA 1/2, les éternuements provoqués par l'ascension du courant cessent et font place à un demi-coma Le chien se couche sur le côté et, quelques instants, présente dans les membres des deux côtés des secousses intermittentes et rythmiques à oscillations extrêmement rapides, immédiatement suivies chacune d'une contracture en extension de la patte convulsée.

Chaque fois, à la suite de ces expériences d'excitation localisée, on observe une *attaque d'épilepsie vraie, généralisée*, avec période clonique et tonique et prédominance des mouvements d'un côté.

La crise est suivie d'un état de somnolence léger qui n'est pas du coma absolu; la respiration est haletante, suspireuse, et l'on observe généralement des phénomènes paralytiques post-épileptoïdes, tantôt une légère paresse du train postérieur, tantôt une paralysie faciale, etc., tous phénomènes transitoires.

Excitation transcranienne. — Nous avons enfin provoqué l'excitation cérébrale par les deux pôles agissant simultanément au moyen de deux électrodes fixées sur les régions temporales (pôle positif à droite, pôle négatif à gauche).

Le seul phénomène qui se dégage de cette expérience est la contracture des muscles du cou et la contracture légère des muscles des membres qui maintient l'animal dans une immobilité tétanique presque complète.

En déplaçant parallèlement à elles-mêmes les électrodes en avant ou en arrière, on n'obtient guère de modifications notables dans les phénomènes observés.

En résumé, il résulte de nos expériences que le courant intermittent de basse tension a pour effet de produire en particulier des symptômes qu'on retrouve dans le mal comitial, l'hyperthermie, l'incontinence d'urine et l'apoplexie pulmonaire diffuse.

En conséquence, nous considérons qu'au point de vue pratique *cette méthode est inapplicable à l'homme.*

D. — LES EFFETS THERMIQUES DES COURANTS DE HAUTE FRÉQUENCE

Les recherches dont nous donnons ci-après le résumé et qui datent aujourd'hui de 17 ans ont eu pour objet de donner une base scientifique solide aux applications de cette modalité de la d'Arsonvalisation.

Les résultats expérimentaux obtenus chez l'animal démontrent le mode d'action des courants de haute fréquence en applications directes et constituent le fondement scientifique de la diathermie généralisée.

1. **Les effets thermiques des courants de haute fréquence** (en collab. avec Turchini) (*Acad. des Sciences*, 11 mai 1908; *Presse Médicale*, 1910, p. 352-358; *Archives d'Électricité médicale*, 10 septembre 1908).

A propos de la forme diathermique des courants de haute fréquence. (*Soc. d'Electrothér.*, 27 juillet 1922.)

Nés en France, les courants de haute fréquence en application directe nous sont revenus d'Allemagne avec l'étiquette de diathermie. Leur seule manifestation sensible est une sensation de chaleur. L'accroissement de chaleur est vraisemblablement aussi la raison de leurs effets thérapeutiques. Aussi avons-nous projeté d'analyser les conditions de cet effet thermique et de le mesurer.

Dans une première série d'expériences, nous avons pu infirmer l'existence d'une prétendue action du courant de haute fréquence sur la tension artérielle.

Dans une seconde série, nous avons étudié les effets thermiques du passage des courants de haute fréquence à travers le corps de l'animal lorsque l'on supprime chez lui les moyens de régulation.

Les chiens sur lesquels nous avons expérimenté peuvent être groupés en trois catégories.

1° *Chiens non anesthésiés.* — Chez les chiens non anesthésiés la haute fréquence en

Fig. 13. — Variations progressives de la courbe thermométrique d'un sujet consécutives à des applications de diathermie.

Fig. 14. — Chien chloralisé. La température reste stationnaire pendant le passage du courant

Fig. 15. — Chien chloralisé. La température remonte légèrement sous l'action du courant. Dans la période de retour à l'état normal (élimination du toxique), le relèvement de la courbe thermométrique est plus rapide au moment de l'application du courant.

lit condensateur, à des intensités inférieures à 250 mA., ne produit aucune modification thermique, aucune variation dans le rythme respiratoire. Vers 350 mA., la température

du chien s'élève de 1 ou 2 dixièmes de degré, et le nombre des mouvements respiratoires s'accroit. C'est l'ébauche de ce qu'on observe d'une manière beaucoup plus nette, aux mêmes intensités, mais en application directe. Dans ce cas, en effet, la température croît nettement d'un dixième par cinq minutes, et la fréquence des mouvements respiratoires passe de 12 en moyenne par minute à 40 ou 50.

2° *Chien ayant reçu une injection d'adrénaline.* — Profondément intoxiqué par une assez forte injection d'adrénaline, le chien nous montre une température régulièrement décroissante. L'application de la haute fréquence ralentit cette décroissance qui reprend sa vitesse après cessation du courant.

3° *Chiens chloralisés ou morphinisés.* — Nous avons soumis plusieurs chiens à l'anesthésie par le chloral-morphine ou à l'action de la morphine seule. Les doses de chloral ont été de 4 à 5 centigrammes par kilogramme d'animal. En général, la première fois qu'on chloralise l'animal, le sommeil apparaît assez rapidement. Les variations de la température sont notées depuis le début de l'expérience.

On retrouve dans les courbes l'action bien connue du chloral sur la température. Celle-ci baisse en raison de l'action du chloral sur les centres thermiques.

Dans chacune de nos expériences, après avoir suivi la descente de température pendant un temps suffisant pour en connaître exactement le régime, nous avons débité le courant de haute fréquence, soit en « lit condensateur », soit en application directe aux intensités ci-dessus indiquées.

Le résultat de l'application sur la marche de la température est le suivant : quelques minutes, cinq à dix minutes en moyenne, après le commencement de l'application, la chute de température due au chloral est arrêtée ou ralentie. Le thermomètre descend moins vite, ou même reste fixe pendant tout le temps que passe le courant, les cinq ou dix premières minutes exceptées. Le régime ralenti ou stationnaire, correspondant à la haute fréquence, se poursuit encore quelques minutes après la cessation du courant, puis l'intoxication chloralique paraît reprendre le dessus et la décroissance thermique reprend son allure initiale.

En redonnant ensuite, après quelques minutes, le courant, on observe à nouveau le même ralentissement de la courbe thermique. Toutefois, au bout de deux, trois ou cinq heures, l'élimination de l'anesthésique est suffisante pour que le chien se réveille sous l'influence du courant et dès lors la courbe thermométrique prend une marche graduellement ascendante, pour revenir au bout d'un certain temps à la normale.

Le fait en lui-même d'un échauffement de l'organisme par les courants de haute fréquence n'a rien qui puisse surprendre, étant donnée la sensation bien connue de chaleur dans les poignets et les avant-bras qu'on éprouve quand on tient entre les mains un conducteur parcouru par une intensité suffisante de ces courants. Cette sensation est due à la chaleur de Joule qu'ils développent.

Ce qui est physiologiquement moins bien connu, c'est le mode de réaction de l'organisme à l'apport de chaleur interne, la manière dont l'organisme se défend contre la chaleur de Joule qui vient menacer la constance de la température.

Chez l'homme normal, le premier effet d'un accroissement thermique quelconque

venu de l'extérieur ou de l'excès de ses combustions propres est un réflexe thermo-régulateur : la *vaso-dilatation périphérique* pour des accroissements faibles, à laquelle s'ajoute la transpiration si la lutte doit être plus active.

La quantité de chaleur développée chaque seconde dans un conducteur est donnée, on le sait, par la formule :

$$Q = \frac{RI^2}{4,17}$$

où R est la résistance du conducteur et I l'intensité du courant. Cette formule est applicable au corps humain.

Si l'on admet que la résistance du corps humain est voisine de 500 ohms, chiffre pratiquement assez faible, on a, pour une intensité efficace de 0,500 ampère, sensiblement 30 calories.

En dix minutes, la quantité de chaleur produite sera de $30 \times 600 = 18\,000$ calories.

En une heure, la haute fréquence, à l'intensité ci-dessus, ajoute donc 108 grandes Calories. Or l'organisme normal produit environ 100 grandes Calories à l'heure. On voit donc que la haute fréquence, aux intensités habituellement employées, double approximativement la thermogenèse. Pour produire la sudation, il faudrait que la thermogenèse fût quadruplée ou quintuplée. Le mode de régulation de l'organisme sain doit donc être recherché dans une modification de la circulation périphérique.

Si l'on prend chez l'homme sain, avant, pendant et après l'application des courants de haute fréquence, un tracé de pouls volumétrique, on trouve assez souvent (non pas toujours cependant) que le pouls volumétrique se modifie dans son allure.

Le plus souvent, la courbe change : le pouls capillaire devient plus ample ; la portion ascendante de la courbe est plus redressée, le dicrotisme plus marqué.

On remarque parfois aussi que pendant le passage de la haute fréquence, le style inscripteur s'écarte progressivement de l'horizontale. Après le passage du courant, il tend au contraire à s'abaisser. Cela tient évidemment à la dilatation de l'air dans l'intérieur du système de transmission et à la rétraction consécutive. L'instrument de Hallion et Comte constitue ainsi un petit appareil de calorimétrie locale qui témoigne de l'augmentation de chaleur dégagée pendant le passage du courant.

Ainsi chez l'homme sain, l'effet Joule produit par les courants de haute fréquence appelle la défense par vaso-dilatation périphérique [1].

Les effets régulateurs observés chez l'homme se retrouvent identiquement *chez le chien*. L'échauffement produit par les courants de haute fréquence (350 mA) sur un chien de 10 kilogrammes correspond environ à 1200 calories par vingt-quatre heures.

[1] Il est possible, ainsi que l'avance Wertheim-Salomonson, que ce soit là la raison de l'abaissement de la tension artérielle que l'on observe parfois après une séance de lit condensateur. Toutefois, les variations pléthysmographiques nous ont paru bien plus constantes que les abaissements de la tension, que du reste nous n'avons jamais vu dépasser 1 ou 2 centimètres, chiffre très légèrement supérieur aux limites des erreurs d'expérience. Il est même plus que probable, étant donné le genre d'affection où on les observe plus communément (artério-scléreux), que cet abaissement est dû au mauvais fonctionnement du système régulateur de la tension.

La thermogenèse normale est aux environs de 750 calories; la haute fréquence fait donc presque doubler la thermogenèse

Or, chez le chien, le mode essentiel de défense contre le chaud est *l'accélération du rythme respiratoire.*

Chez les chiens normaux, c'est-à-dire non intoxiqués, et auxquels on applique des intensités relativement élevées (plus de 300 mA.), la respiration passe de la fréquence 10-14 avant courant, à 40-50 pendant le passage. Mais, comme chez l'homme, il se produit pendant l'application un accroissement thermique assez marqué, atteignant 3 dixièmes de degré en vingt minutes.

A des intensités inférieures, l'apport de chaleur n'est sans doute pas suffisant pour solliciter le réflexe polypnéïque [2], et il possible que la défense se fasse par *radiation cutanée* ou par *diminution de l'intensité des combustions.*

Chez le chien chloralisé, la défense contre l'apport de chaleur ne paraît plus pouvoir se faire. A noter cependant une légère accélération du rythme respiratoire, variant avec la profondeur de l'intoxication chloralique.

Il semblerait donc, *a priori*, que puisque le chien chloralisé ne peut se défendre de l'apport de chaleur, sa température devrait s'élever, tendre vers la normale, et cela assez rapidement.

Or, l'expérience, l'examen des courbes nous montrent que l'animal chloralisé s'échauffe sensiblement de la même manière que l'animal morphinisé. Le régime d'accroissement thermique, dans des conditions expérimentales identiques, est sensiblement le même à 2 ou 3 dixièmes de degré près. Et cependant, l'animal morphinisé se défend, tandis que l'animal chloralisé a cessé de pouvoir se défendre. Il nous paraît donc légitime d'admettre que l'animal chloralisé utilise un autre procédé de réaction à la chaleur interne : sans doute modère-t-il ses combustions.

Peut-être cette diminution des combustions propres entre-t-elle aussi en jeu, comme facteur de la régulation chez l'homme sain et le chien sain, et participe-t-elle, de la sorte, au maintien de la température. Nous n'avons pas cherché pratiquement à vérifier cette hypothèse, étant données les difficultés expérimentales qu'aurait entraînées la mesure comparative de la quantité de vapeur d'eau exhalée par le chien avant et pendant la haute fréquence.

Par exclusion, nous sommes amenés à invoquer également ce mécanisme chez les artério-scléreux, dont le système vaso-moteur a en partie perdu le pouvoir de répondre aux besoins de la régulation thermique.

Quelques tracés pris chez les artério-scléreux un peu avancés ne nous ont montré, en effet, que des modifications insignifiantes du pouls volumétrique. Sous l'influence de la haute fréquence, son amplitude varie à peine, et l'on ne voit pas apparaître le

[2] Nous considérons cette polypnée comme une *polypnée réflexe*, et non comme une polypnée centrale qui exige, pour se produire, un échauffement bien supérieur. Il faut admettre toutefois, ici, que le réflexe polypnéique suit une voie centripète différente de celle qu'empruntent les excitations thermiques externes, les nerfs cutanés.

dicrotisme. Les conditions sont donc analogues à celles de l'animal chloralisé qui ne peut régler qu'imparfaitement par l'élimination de vapeur d'eau.

5. **La diathermie et les effets thermiques des courants de haute fréquence.** (*Presse Médicale*, 11 mai 1910.)

La diathermie. (*Presse Médicale*, 1915, et *Presse Médicale*, 1919)[1].

E — VARIA

1. **Sur la mesure du tonus musculaire** (en collab. avec Constensoux) (*Congrès de Neurologie de Bruxelles*, 8 août 1905; *Revue Neurol.*, 15 septembre 1905; *Société de Biologie*, 1905, p. 710).

Il existe un certain rapport entre le degré d'hypotonie et d'hypertonie musculaire dans le nombre d'excitations nécessaires pour amener le tétanos électrique.

Si à l'état normal, le nombre des excitations pour obtenir ce phénomène est pour certains muscles par exemple de 18 par seconde, on le trouve en général augmenté lorsqu'il y a hypotonie, diminué lorsqu'il y a hypertonie.

2. **Hémorragies utérines. — Indications et contre-indications de leur traitement électrique. — Action excito-motrice de l'électricité.** (*Thèse Paris*, 1901.)

Etude physiologique sur le traitement des hémorragies utérines. (*La Gynécologie*, 1901.)

Ce travail que nous avons présenté comme thèse inaugurale a été élaboré pour la partie clinique dans les services de notre maître le Professeur Pozzi, pour la partie électro-physiologique au Laboratoire d'Electrothérapie de notre maître le Professeur Raymond.

Nous y avons étudié successivement la sémiologie du symptôme hémorragie utérine, et les effets physiologiques de l'excitant électrique sur l'utérus. Montrer que l'action électrolytique mise en avant par Apostoli et son école était en réalité insuffisante pour expliquer les résultats hémostatiques obtenus par l'électricité, montrer qu'en revanche la cessation de certaines hémorragies sous l'influence du courant électrique relevait de l'action excito-motrice du courant sur la fibre musculaire utérine, tel a été le thème de nos recherches.

L'électrolyse faite avec des sondes cylindriques fines ne porte en effet que sur des points très limités de la muqueuse. La part la plus importante de l'action hémostatique résulte des modifications dynamiques imprimées à la musculature de l'organe.

(1) Voir plus loin chapitre « Vulgarisation ».

Nos premières expériences furent faites sur des chiennes, mais les résultats obtenus étaient insuffisamment démonstratifs, l'imperfection des résultats dépendant de l'état de torpeur que présente l'appareil génital de la chienne entre les périodes menstruelles.

Sur les lapines au contraire, les phénomènes sont beaucoup plus nets. Avant le passage du courant, on observe surtout des contractions péristaltiques extrêmement lentes et de faible amplitude.

Lorsqu'on élève l'intensité on voit la corne utérine se contracter par rétractions lentes, puis cette contraction cesse et lorsque le courant atteint l'intensité maxima, on n'observe plus pendant un certain temps de mouvements péristaltiques, l'organe restant relâché, mais ceux-ci réapparaissent très vite et d'une façon très intense après la cessation du courant.

Il en résulte que les effets de l'excitation se produisent au delà de l'application.

Chez la femme, nous avons expérimenté à l'aide d'une petite sonde creuse terminée par une ampoule élastique compressible reliée a un tambour de Marey.

Le passage du courant continu à travers l'utérus y développe des ondes contractiles assez étendues.

Il ne nous a pas été possible d'étudier chez la femme la persistance de la contraction, mais celle-ci nous a paru cliniquement indiscutable en raison d'un certain nombre de faits cliniques, tels que les douleurs consécutives aux applications, tels que la tendance de certains fibromes à se pédiculiser, etc.

Des coupes histologiques de l'utérus chez la chienne nous ont semblé également montrer une action prépondérante de la contraction musculaire. En provoquant une hémorragie par le raclage, l'aspect des coupes est différent, lorsque l'utérus a été simplement gratté ou qu'il a été gratté puis ensuite soumis au courant continu.

Dans le premier cas, on constate, en effet, une inondation interstitielle de la muqueuse, les vaisseaux sont remplis de sang et on trouve au centre de la cavité un réticulum de fibrine emprisonnant un assez grand nombre de globules sanguins.

Dans le second cas, il semble que la circulation se soit en partie arrêtée, rendant l'épanchement impossible ; on n'y trouve, en effet, aucun vestige d'hémorragie interstitielle, les vaisseaux sont vides de sang ; la lumière du canal utérin paraît remplie d'un abondant exsudat fibrino-leucocytaire ne contenant qu'un petit nombre de globules rouges.

III

PHYSIQUE APPLIQUÉE — RADIOPHYSIOLOGIE

A. RADIOPHYSIOLOGIE DES GLANDES ENDOCRINES

F. — CORPS THYROIDE

1. **Action des rayons X sur le corps thyroïde du lapin** (en collab. avec Battez) (*Congrès de l'A. F. A. S.*, 1911).

Les irradiations ont été pratiquées sur des lapins adultes. Après mise à nu de la glande thyroïde, on localise exactement sur cette dernière l'action des rayons, la région bulbaire étant protégée au moyen d'une lame de plomb stérile glissée derrière la trachée. La moyenne des irradiations eut une durée de 40 minutes, la dose fut de 10 à 16 H.

Nous avons constaté comme symptôme dominant une respiration très accélérée, dyspnéique, survenue chez les animaux environ 15 jours après l'irradiation, coïncidant avec l'abattement et la somnolence. La polypnée atteignait 150 inspirations à la minute, l'état général présenta des modifications générales très accusées du côté de la nutrition, amaigrissement très marqué avec anémie. Un mois après l'irradiation, la respiration devenait normale, l'asthénie disparaissait, mais était remplacée par des troubles trophiques de la peau, chute des poils qui devenaient de plus en plus rares sur toute l'étendue du tégument, moins lustrés, cassants, tombant par places, sous forme de touffes; la peau devenait sèche, rugueuse et sur un des lapins survinrent des escarres qui subsistèrent pendant deux mois, jusqu'à la mort.

L'analyse physiologique des symptômes présentés par ces animaux permettait de conclure à l'action destructive des rayons à la fois sur les glandes thyroïdes et parathyroïdes.

La polypnée nettement observée sur la plupart de nos animaux est spécifique chez

le lapin de la destruction des parathyroïdes; de plus l'analyse microscopique n'a pas permis de retrouver trace des éléments glandulaires.

2. Analyse microscopique des effets de l'irradiation sur le corps thyroïde du lapin (en collab. avec Battez et Dubus (*Congrès de l'A. F. A. S.*, 1911).

Les préparations faites sur les lapins qui nous ont servi aux expériences relatées dans la communication précédente montrent qu'au niveau du corps thyroïde on

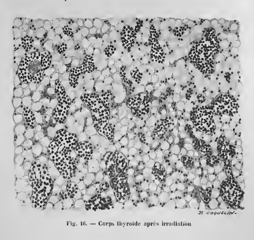


Fig. 16. — Corps thyroïde après irradiation

trouve exclusivement des vestiges de matières colloïdes. Nous avons observé l'absence rigoureuse de tout épithélium glandulaire.

On retrouve également la travée conjonctive de la glande, et dans les espaces qu'elle limite, au lieu de tissu thyroïdien, on aperçoit un afflux leucocytaire très abondant.

La préparation ci-contre montre un lobule de glande limité exactement par une capsule conjonctive qui pénètre à l'intérieur en travées de diverses épaisseurs. Celles-ci limitent des masses de leucocytes qui circonscrivent des vaisseaux entourés de gaines lymphatiques.

Cette formation est commune dans le corps thyroïde, il existe peu de polynucléaires, mais des plasmaszellen en assez grande abondance qui indiquent une néoformation conjonctive.

II. — SURRÉNALES

1. **Les effets de l'irradiation des glandes surrénalee en physiologie et en thérapeutique** (en collab. avec Cottenot (*C. R. Acad. des Sc.*, 22 avril 1912).

Action des rayons X sur la corticale surrénale (en collab. avec Mulon et Cottenot. (*Soc. de Biologie*, 21 décembre 1912).
(Recherches expérimentales sur l'action des rayons X sur les glandes surrénales du chien.)

1° Modifications histologiques

Nous avons recherché s'il était possible de déterminer des lésions histologiques des glandes surrénales chez des animaux en les soumettant à l'action des rayons X. Nous nous sommes adressés pour ces expériences à des chiens dont les surrénales sont assez volumineuses et se prêtent facilement à l'examen.

Après avoir déterminé sur des animaux sacrifiés le point de repère de l'irradiation, qui correspond à la douzième côte, nous avons appliqué sur certains animaux des irradiations bilatérales et sur d'autres nous avons irradié une seule des surrénales. Les rayons employés étaient des rayons de degrés n[os] 9 ou 10 Benoist, filtrés sur une lame d'aluminium de 1 millimètre. La quantité du rayonnement était mesurée avec le radiomètre de Sahouraud-Noiré, modifié par Holzknecht.

Les animaux ont pour la plupart été sacrifiés, et les pièces recueillies immédiatement. Cependant, en raison des altérations rapides de la substance médullaire, nous n'avons voulu tenir compte que des altérations constatées dans la substance corticale.

Les fixateurs employés ont été le formol à 10 pour 100, le liquide de Bouin et le réactif de Regaud, des morceaux de chaque glande étant répartis dans chaque fixateur. Les coupes ont été faites d'une part après inclusion à la paraffine, et d'autre part à la congélation pour la recherche des pigments et des graisses.

On sait que la couche corticale des surrénales comprend : 1° une zone glomérulaire, constituée par des cordons de cellules recourbés en arceaux ; 2° une zone fasciculée, dans laquelle les cordons cellulaires affectent une direction radiaire ; 3° une zone réticulée, dans laquelle les cordons s'entre-croisent en formant un réseau. A ces trois zones classiques, Mulon a d'ailleurs ajouté une zone de transition entre la zone glomérulaire et la fasciculée, et une zone juxta-médullaire qui n'existe qu'à partir d'un certain âge.

La substance médullaire, qui se différencie à l'œil nu de la corticale par son affinité pour les colorants basiques, est formée de cellules polyédriques tassées les unes contre les autres, formant des cordons irréguliers, et leur protoplasme présente des granulations ayant une affinité particulière pour les chromates et le perchlorure de fer.

Sans entrer davantage dans le détail de la structure histologique normale, voyons quels ont été les résultats de nos expériences.

Celles-ci ont porté sur 10 chiens qui ont été irradiés à des doses différentes, et pendant des temps différents.

Voici une des observations qui nous ont paru les plus caractéristiques :

CHIEN n° 8. — Fox. Poids : 9 kil. 500.

Irradiation. — Sans filtre, le 11 août, 12 H. ; le 12, 16 H. ; le 14, 16 H. ; le 15, 12 H. ; le 16, 12 H.

Le 18 août, le chien est trouvé mort le matin ; les membres sont raidis, en flexion, les pattes de devant entre-croisées, le facies est grimaçant, la lèvre supérieure droite soulevée découvrant complètement les dents ; l'animal s'est débattu et a renversé les objets qui se trouvaient dans son box, il a eu une évacuation abondante de matières et d'urine. Pour toutes ces raisons, il est permis de penser que des convulsions épileptiformes ont peut-être précédé la mort, et l'on sait que c'est un des symptômes qui ont été observés après les décapsulations expérimentales par Brown-Séquard et par Langlois.

Autopsie faite dès le matin, quelques heures après la mort. Poids des capsules : S. droite : 0 gr. 85 ; S. gauche, 0 gr. 82.

Examen histologique. — *Glomérulaire*. — Elle est très différente de la glomérulaire normale du chien. Elle est constituée, non par des arcs, mais par des amas globuleux de cellules. Ces cellules ne ressemblent pas aux petites cellules cylindriques normales ; elles sont volumineuses, et ont une forme polyédrique irrégulière, leur noyau est globuleux et muni d'un gros nucléole ; le cytoplasme est alvéolaire, et les enclaves lipocholestériques sont de taille très irrégulière, variant de 1 à 5 μ. Rares dans la plupart des cellules, elles sont abondantes dans certaines autres, qui ressemblent tout à fait à des spongiocytes.

Sur les coupes préparées suivant la technique de Regaud. on voit dans ces cellules un chondriome formé de mitochondries sphériques dont la taille varie de 0 μ 4 à 0 μ 8. Quelques-unes même sont plus volumineuses, elles sont disséminées dans certaines cellules, confluentes dans d'autres.

Fasciculée. — Sur toute la hauteur de cette zone, destructions cellulaires énormes, à peu près toutes les cellules sont profondément lésées. Les noyaux sont en chromatolyse, vacuolisés ou fragmentés ; certains sont pycnotiques, d'autres tout à fait incolorables. Le cytoplasme est d'aspect homogène, hyalin, sans granulations, on n'y peut colorer aucun chondriome, les cellules sont déformées, leurs contours sont à peine visibles. Ces lésions sont très étendues, et des cordons cellulaires entiers ont disparu.

Réticulée. — Mêmes lésions que dans la fasciculée. Destruction cellulaire sur toute la hauteur de la réticulée.

De l'ensemble de nos examens histologiques nous avons pu conclure que les rayons X avaient produit chez certains chiens des lésions de la couche corticale des



Fig. 17 — Surrénale de chien, normale. Zone glomérulaire. Arcs formés de cellules cylindriques très allongées.

surrénales. Nous n'y avons observé de destruction cellulaire que dans la fasciculée et la réticulée, dans la fascieulée surtout. Les lésions portent sur toute la hauteur de la

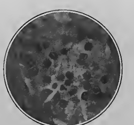


Fig. 18 — Surrénale de chien, irradiée Zone glomérulaire. On voit les cellules en détail : cytoplasma spongiocytaire, noyaux globuleux à gros nucléole, forme polyédrique tous caractères rappelant les cellules de la fasciculee normale.

zone, peut-être plus marquée cependant dans sa partie externe. Les cellules en voie de destruction sont, soit isolées au milieu des cellules saines, soit réunies en îlots; parfois des cordons cellulaires entiers sont lésés. Les noyaux des éléments atteints ont

rarement l'aspect pycnotique ; le plus souvent ils sont détruits par chromatolyse, les

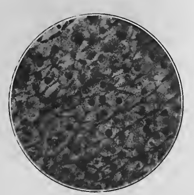


Fig. 19. — Surrénale de chien, normale. Zone fasciculée. Travées de cellules spongiocytiques, d'aspect alvéolaire. Les noyaux, bien arrondis, présentent tous un beau nucléole.



Fig. 20. — Surrénale de chien, irradiée. Zone fasciculée. L'aspect spongiocytique des éléments n'est plus aussi net. On remarque un grand nombre de cellules à noyau chromatolytique ou pycnotique, et dont le protoplasma est en cytolyse (cellules claires). Les éléments foncées sont relativement conservés, quoique beaucoup soient déjà en voie de dégénérescence.

fragments dissociés prennent des formes contournées rappelant des noyaux de polynucléaires; certains sont à peine colorés. Le cytoplasme des spongiocytes a perdu son aspect vacuolaire, il est homogène, d'aspect hyalin ou spumeux, on n'y distingue plus, ni granulations graisseuses ni chondriome; celui-ci a disparu ou bien est devenu incolorable. Les contours cellulaires sont à peine visibles. Par endroits, il ne reste que de grandes vacuoles remplies de débris cellulaires et envahies par le sang.

Dans la réticulée, les lésions sont identiques à celles de la fasciculée, mais les destructions cellulaires sont moins nombreuses.

La glomérulaire offre à l'action des rayons une plus grande résistance que les autres couches de la corticale. Nous n'y avons pas vu trace de destruction cellulaire. Chez tous nos animaux elle était normale, sauf dans un cas.

Sur cette pièce, la glomérulaire avait subi des modifications trés remarquables : son architecture était complètement transformée, elle n'était plus constituée par des arcs, mais par des amas globuleux de cellules, et se rapprochait par là du type habituel à la plupart des mammifères.

Les cellules constituant ces amas différaient tout à fait des cellules glomérulaires normales. En effet: 1° elles sont plus volumineuses; 2° leur forme est modifiée : de cylindriques elles sont devenues plus ou moins polyédriques; le noyau, de cylindrique, est devenu globuleux, et est muni d'un gros nucléole très net comme celui des cellules de la fasciculée; 3° les enclaves lipocholestériques du cytoplasme diffèrent des enclaves normales de la glomérulaire (environ 1 μ), mais les plus grosses atteignent 3 μ, ce qui est un peu plus que la taille des enclaves normales de la fasciculée externe.

Dans la plupart des cellules, elles sont relativement rares et disséminées dans le cytoplasme. Quelquefois pourtant on trouve une cellule ou un groupe de cellules dont les enclaves graisseuses sont assez nombreuses et volumineuses pour donner à ces éléments le type spongiocyte. De telles cellules rappellent alors tout à fait les cellules normales de la zone fasciculée.

4° Le chondriome diffère aussi de celui de la glomérulaire normale, il est constitué par des mitochondries sphériques de 0 μ 4 à 0 μ 8. Ces dernières et certaines autres plus volumineuses peuvent être considérées comme des plastes prégraisseux. Les mitochondries sont tantôt disséminées tantôt rassemblées en amas; elles peuvent alors confluer. Par sa forme granuleuse, par sa tendance à la coalescence, ce chondriome se rapproche de celui de la cellule de la zone fasciculée normale, voire de celui de la réticulée (gros plastres).

Ainsi, par tous leurs caractères, leur taille, leur forme, leur noyau, par la grosseur de leurs enclaves lipocholestériques, par la morphologie de leur chondriome, les cellules de la zone glomérulaire de cette capsule irradiée sont tout à fait différentes des cellules des zones fasciculée et réticulée, à tel point qu'en certains territoires, la zone glomérulaire a revêtu l'aspect de la zone fasciculée normale.

Dans toute cette zone ainsi tranformée, il n'y a pas une cellule en voie de destruction.

De ces constatations, il paraît résulter que les cellules de la couche corticale les plus

sensibles à l'action des rayons X sont celles de la zone fasciculée et à un moindre degré celles de la réticulée, tandis que les cellules glomérulaires offrent une résistance plus grande.

La transformation *in situ* de cellules glomérulaires en cellules fasciculées que nous avons constatée dans un cas est fort intéressante au point de vue de l'histogenèse de la surrénale; elle constitue en effet la preuve expérimentale que la zone glomérulaire est bien la zone génératrice de la fasciculée.

En particulier la transformation du chondriome filamenteux de la glomérulaire en chondriome granuleux identique à celui de la fasciculée apporte une preuve expérimentale à l'idée émise déjà par bien des histologistes (Prenant, Mulon, Champy), à savoir que la forme en bâtonnet correspond à l'état de jeunesse du chondriome.

Dans l'interprétation de ces résultats on doit, il est vrai, tenir compte des conditions défectueuses dans lesquelles étaient réalisées à cette époque des irradiations d'organes profonds; le rayonnement utilisé par nous était de bien grande longueur d'onde si on le compare aux rayonnements qui servent actuellement aux irradiations pénétrantes. Aussi, pour donner une dose profonde suffisante étions-nous dans l'obligation de faire absorber par la peau des doses nocives et la plupart de nos chiens en expériences présentaient des radiodermites graves pouvant dans une certaine mesure déterminer des modifications glandulaires profondes. C'est là une cause d'erreur contre laquelle nous ne pouvions nous mettre à l'abri et qui nous empêche de tirer des faits observés par nous des conclusions trop absolues, et surtout trop générales.

2° Mesure de la pression artérielle chez le chien irradié

Nous avons cherché à voir s'il était possible d'abaisser la pression normale d'un animal en faisant agir les rayons X sur les glandes surrénales. Dans ce but, nous avons fait sur des chiens irradiés deux mesures de pression, la première avant le début des irradiations, la seconde avant de sacrifier l'animal.

Technique. — Le chien est maintenu par les moyens de contention habituels et est anesthésié au chloralose. Cet anesthésique présente en effet le grand avantage de ne pas déterminer de modifications vaso-motrices et d'être par conséquent sans action sur la pression artérielle. Nous avons employé une solution à 8/000. La pression est prise dans la fémorale. La canule introduite dans celle-ci est reliée au kymographe de Ludwig, le tracé est inscrit sur un cylindre enregistreur de Marey.

Résultats. — Chez quatre chiens seulement, nous avons pu prendre la pression avant et après les irradiations; deux autres, dont la pression initiale avait été mesurée, sont morts sans qu'on ait pu procéder à une seconde mesure.

Sur ces quatre chiens en expérience, deux n'ont pas accusé de modification de pression. Un avait une pression terminale plus élevée que la pression initiale. Le dernier

a accusé un abaissement de 1 centimètre portant sur la pression maxima et sur la minima.

Nous avons noté en effet les chiffres suivants :

Le 8 mars. — *Pression initiale* : P. max. : 14,2; P. min.; 13,2.
Le 4 mai. — *Pression terminale* : P. max. : 13; P. min. : 12.
Dose de rayons X administrée : 40 H. en trente et un jours.

Ainsi dans deux cas on ne constate aucune modification du fait des rayons X; dans deux autres elles se produisent en sens inverse. Quoique ces expériences ne soient pas en nombre suffisant pour permettre de se faire une opinion formelle sur ce sujet, on est tenté de conclure que les rayons X *n'abaissent pas la pression artérielle normale.*

Ces résultats sont d'ailleurs en conformité avec tout ce que nous savons de l'action des rayons sur les sécrétions glandulaires ; les glandes normales sont beaucoup moins facilement influencées par les irradiations que les glandes hyperplasiées. C'est d'ailleurs un fait constamment vérifié en pathologie générale qu'une modification organique quelconque est toujours beaucoup plus difficile à produire si elle tend à rompre l'équilibre physiologique normal que si elle tend à rétablir cet équilibre détruit.

En comparant les résultats de ces mesures de pression avec les résultats des examens anatomiques, on constatait cependant une concordance qui n'est pas sans intérêt. Le seul chien dont la pression a baissé après les irradiations est précisément un de ceux dont les capsules présentaient des lésions considérables.

2. **Modification de la pression artérielle chez l'homme par l'exposition aux rayons X de la région surrénale**, en collab. avec Cottenot. (*Soc. de Biol.*, 27 avril 1912.)

Résultate et technique de l'irradiation des glandes surrénales dans l'hyperteneion artérielle, en collab. avec Cottenot. (*Soc. de Radiol.*, 14 mai 1912.)

La radiothérapie des glandes surrénales, ses résultats, see effets hypotenseurs, en collab. avec Cottenot. (*Arch. d'Élect. méd.*, 10 juin 1912.)

Traitement par les rayons X des glandes à sécrétion interne en état d'hyperactivité. (*Presse Méd.*, 1914.)

Röntgenbehaüdlung der Drüsen mit innerer Secretion im Znstande der Hyperactivität (en collab. avec Cottenot). (*Strahlentherapie*, 1914).

(Série de recherches sur les modifications de la pression artérielle obtenues chez l'homme par l'irradiation des surrénales.)

Au moment où nous avons entrepris cette série de travaux, toutes les glandes à sécrétion interne, à l'exception de la surrénale, avaient déjà été soumises à l'action des rayons X, et dans bien des cas, on avait pu lutter avec succès contre des syndromes dus à l'hyperfonctionnement glandulaire. Nous avons eu l'idée de soumettre les glandes

surrénales, elles aussi, à cette action frénatrice des rayons X, dans des cas pathologiques qui paraissent être sous la dépendance de l'hyperépinéphrie. On sait que les tissus glandulaires sont parmi les plus sensibles à l'action des rayons. On connaît les quelques résultats si intéressants de l'irradiation de l'hypophyse; l'action frénatrice des rayons X sur le corps thyroïde constitue un des traitements les plus efficaces de la maladie de Basedow; la diminution du fonctionnement des ovaires est également réalisée dans le traitement des fibromes; enfin on sait les régressions si rapidement obtenues dans l'hypertrophie du thymus chez l'enfant.

Il semblait donc logique d'admettre que l'on pourrait de la même manière atteindre la surrénale et modifier son fonctionnement.

D'autre part, le rôle des surrénales dans la pathogénie de l'hypertension artérielle et même de l'artériosclérose a été mis en valeur par les travaux de Vaquez et de Josué.

L'hypothèse émise pour la première fois en 1904 par Vaquez, que certains accidents tels que l'encéphalopathie saturnine survenant chez les hypertendus pouvait être due à de l'hyperépinéphrie, a été généralisée par la suite, et plusieurs groupes de faits tendent bien à montrer le rôle de l'hyperfonctionnement surrénal chez les hypertendus. Il existe nombre de cas d'hypertension sans lésion rénale, ou avec des lésions rénales insignifiantes. D'autre part, des autopsies ont révélé la fréquence très grande de l'hyperplasie surrénale chez les hypertendus. Enfin, les néphrites avec hypertension s'accompagnent souvent d'une hypertrophie des surrénales.

A ces arguments cliniques et anatomo-pathologiques s'ajoutent des arguments expérimentaux, et l'on a pu provoquer chez l'animal en même temps et l'hypertrophie surrénale et l'hypertension.

Le rôle de l'adrénaline dans la production de l'athérome artériel a été mis en évidence par les expériences de Josué, et les lésions des surrénales constatées par de très nombreux auteurs à l'autopsie d'artério-scléreux sont venues confirmer les faits expérimentaux.

Ce sont tous ces faits qui nous ont engagé à tenter d'irradier les surrénales d'individus atteints d'hypertension et d'athérome.

Les glandes surrénales sont chez l'homme assez accessibles aux irradiations. Pour être certain de les atteindre, nous avons dû nous fixer des points de repère précis que nous avons déterminés de la façon suivante :

Les surrénales profondément situées à la partie supérieure de l'abdomen flanquent de chaque côté la colonne vertébrale. Remarquablement fixes, elles sont tantôt en position haute, tantôt en position basse, dans une région qui correspond en hauteur à la douzième vertèbre dorsale, et aux deux premières lombaires. C'est donc toute cette région qui devra être comprise dans le cône d'irradiation. Nous avions le choix entre la voie antérieure trans-abdominale et la voie postérieure lombaire; pour de multiples raisons, nous avons préféré la voie lombaire, laquelle, déjà plus courte, présente l'avantage de fournir des points de repères commodes. Par cette voie, les recherches que nous avons entreprises sur le cadavre nous ont montré que la glande est en moyenne à 10 ou 12 centimètres environ de la paroi, chiffre qui peut d'ailleurs

varier dans de grandes proportions, et être beaucoup plus élevé chez certaines femmes obèses.

La technique des irradiations est la suivante : le malade est, soit couché à plat sur le ventre, soit assis. On cherche alors la douzième côte, et c'est elle qui sert de point de repère pour la localisation. La porte d'entrée est constituée par un cercle de 10 centimètres de diamètre, ayant son centre sur la douzième côte et tangent à la ligne médiane : quelle que soit l'obliquité de la douzième côte, ce cercle est suffisant pour que la région voisine de la douzième dorsale et des deux premières lombaires soit comprise dans le cône d'irradiation, et que la glande surrénale soit atteinte à coup sûr.

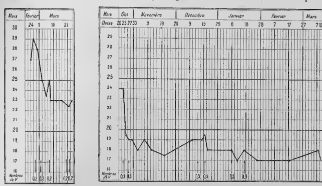


Fig. 21. — Abaissements de la tension artérielle obtenus après irradiation des surrénales.

Le faisceau de rayons est dirigé obliquement en avant et en dedans; les deux surrénales sont ainsi irradiées successivement Au début de nos recherches, les doses étaient en moyenne de 6 H par mois environ; les rayons filtrés par un filtre d'aluminium de 1 millimètre d'épaisseur, mais dans la suite nous avons employé des doses et des filtrations plus fortes.

Des applications de radium sur la région surrénale ont été faites chez un de nos malades, et les résultats ont été semblables à ceux que nous avons constatés par les applications de rayons X.

Les pressions artérielles ont été mesurées dans la première série de nos recherches au moyen de l'oscillomètre de Pachon; dans la suite nous avons employé le sphygmotensiomètre de Vaquez. Ces mesures n'ont porté, pour la première série de malades, que sur la pression maxima; pour la seconde série, nous avons pris les pressions maxima et minima. Les pressions étaient prises toujours dans les mêmes conditions, sur le malade étendu, et après une demi-heure de repos dans la position horizontale; elles

ont été prises sensiblement à la même heure de la journée, de façon à éviter les écarts dus à certaines fonctions physiologiques telles que la digestion.

Tous ces malades n'ont pas été hospitalisés au cours du traitement, aucun changement ne fut apporté à leurs habitudes de vie, ni à leur régime alimentaire.

Résultats. — Sur 29 sujets qui constituaient la première série des cas traités par nous, la pression artérielle chez quatre d'entre eux, n'a pas subi de modifications, chez tous les autres il y a eu un abaissement de pression d'importance variable suivant les cas, et dont la valeur s'échelonne dans nos observations entre 1 et 7 centimètres de mercure. Certains sont descendus à la normale, d'autres sont demeurés à un taux bien supérieur. Dans les cas favorables, l'abaissement se produit dès les premiers jours, c'est alors qu'on observe les chutes rapides, que l'on ne voit qu'exceptionnellement après plusieurs séries d'irradiations. L'amélioration fonctionnelle des symptômes d'hypertension est survenue dans bon nombre d'observations parallèlement à l'abaissement de la pression. Tous ces cas, au point de vue des résultats, pouvaient se classer en quatre catégories :

Premier groupe : hypertendus sans albuminurie. Sur 15 malades, 12 ont été heureusement influencés, 3 n'ont pas été modifiés. Chez l'un d'eux, la pression, après une seule séance, est tombée de 22 à 17, et le pouls s'est modifié comme on peut le voir par les tracés sphygmographiques que nous avons pris.

Chez un autre, les tracés montrent un pouls bigéminé dont le bigéminisme disparaît à la suite de l'abaissement de pression.

Deuxième groupe : hypertendus artérioscléreux. Sur 7 malades, 4 ont été notablement améliorés, 3 n'ont tiré aucun bénéfice fonctionnel du traitement.

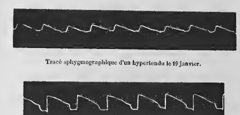
Troisième groupe : hypertendus albuminuriques. Sur 4 malades traités, tous ont présenté un abaissement de pression, mais sans modification des troubles fonctionnels.

Quatrième groupe : artérioscléreux albuminuriques. Sur 3 de ces malades traités, aucun n'a présenté ni modification de pression, ni amélioration fonctionnelle.

Les résultats obtenus dans une seconde série de traitements, chez 12 malades, ont confirmé les observations précédentes, il nous paraît que c'est chez les hypertendus purs, ayant des artères souples et des artères normales, que le traitement par l'irradiation surrénale donne les résultats les plus nets. Sans doute, chez certains scléreux et certains malades atteints de néphrite interstitielle avons-nous obtenu des améliorations, mais en général elles ont été peu durables et ne se sont pas accompagnées de modifications fonctionnelles notables. Enfin, chez les artérioscléreux albuminuriques, l'irradiation surrénale paraît être sans action.

La véritable indication de la radiothérapie est donc cet état pathologique que l'on a décrit sous le nom de pré-sclérose, c'est-à-dire la phase prodromique du syndrome surréno-vasculaire, qui se caractérise par des troubles sensitifs : céphalée, fourmillements, crampes, douleurs rhumatoïdes, algidité locale ; des troubles sensoriels . vertiges, troubles auditifs, éblouissements, migraines ophtalmiques ; des troubles respiratoires : dyspnée d'effort ; des troubles cardiaques : palpitations, angoisse,

fatigue générale. Chez ces sujets, on trouve souvent un pouls plein, vibrant, un cœur augmenté de volume, un bruit de galop ou un léger souffle d'insuffisance mitrale fonctionnelle coexistant avec l'augmentation de la pression artérielle. C'est chez des

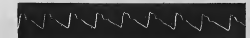


Tracé sphygmographique d'un hypertendu le 19 janvier.

Tracé du même malade le 26 janvier, après irradiation des surrénales.



Pouls bigéminé. Tracé pris le 16 février.



Tracé du même malade pris le 11 mars après irradiation des surrénales.

Fig 22. — Modifications du pouls après l'irradiation surrénale.

individus répondant à ce tableau clinique que l'irradiation des surrénales nous a donné les meilleurs résultats.

5. **La radiosensibilité des glandes à sécrétion interne. Application à la surrénale.** (*Acad. de Méd.*, 1919.)

Sur la sensibilité de la surrénale aux rayons X. (*Acad. de Méd.*, 1924.)

Dans ces communications nous avons passé en revue les différentes recherches qui, venant après les nôtres, ont été faites dans ces dernières années sur l'influence exercée par les rayons X sur la surrénale.

Un certain nombre sont venues confirmer la réalité de l'action frénatrice que nous

avons exposée dans les publications précédentes. Ainsi Quadrone en cherchant l'adréline dans le sang l'aurait vu disparaître par les irradiations. A. Eisler et Hirsch ont montré que l'extrait surrénal, après irradiation, présentait une diminution de son pouvoir hypertenseur. Richter et Gerhartz ont constaté la même diminution après simple irradiation d'extrait surrénal *in vitro*. De même David et Hirsch, dans les expériences sur diverses espèces animales, ont observé pour des doses suffisantes une réduction de la production d'adrénaline.

Cliniquement toutefois les résultats publiés par quelques auteurs paraissent en moins bon accord avec les nôtres, mais il peut paraître étrange de voir que ces conclusions négatives ont été tirées après irradiation exclusive *d'une seule surrénale*, comme l'a fait Stéphan ou après l'expérimentation chez des *sujets sains* (Lévy-Dorn).

D'autres auteurs enfin paraissent n'avoir pas tenu compte des indications et avoir essayé la méthode chez des artério-scléreux plus ou moins avancés, où le système surrénal, comme nous l'avons dit ci-dessus, n'obéit plus à la radiothérapie. Il est certain que toutes les hypertensions ne sauraient être rapportées à l'insuffisance surrénale et que toutes les hypertensions ne relèvent pas de l'hyperépinéphrie.

Il semble résulter des recherches qui ont été entreprises par certains auteurs qu'ils aient méconnu l'accroissement de sensibilité dû à l'état pathologique de la surrénale. Toute glande est en effet à l'état pathologique d'une sensibilité infiniment plus grande qu'à l'état normal, et la surrénale ne fait pas exception à cette loi; c'est ce qui explique qu'expérimentant chez des sujets à pression normale, divers observateurs (Lévy-Dorn, Stephan, etc.) n'ont pu constater aucune diminution appréciable de la pression.

C'est du reste pour la même raison que chez les chiens à l'état normal, il ne nous a pas été possible, même en utilisant des doses très élevées, de provoquer l'hypotension. Cette immunité de la surrénale normale n'est pas en contradiction avec les expériences de David et Hirsch qui, opérant sur diverses espèces animales et sur les glandes mises à nu, ont montré que l'absorption de la dose d'érythème entraînait une diminution appréciable de l'excrétion d'adrénaline.

Leurs expériences en effet ne portaient que sur une seule glande, l'autre servant de témoin, et d'autre part, une hyposécrétion d'adrénaline doit sans doute atteindre un degré déjà notable pour influencer la pression.

Le fait de pouvoir atteindre sur la surrénale normale un abaissement de tension serait, du reste, la porte ouverte sur les syndromes d'insuffisance surrénale, dont l'hypotension et l'asthénie constituent les symptômes dominants.

Il semble cependant que l'immunité de la surrénale normale puisse disparaître devant les doses massives de la radiothérapie profonde.

Quelques observations publiées par les auteurs allemands d'asthénie et de pigmentation, à la suite d'irradiations pour tumeurs de la moitié supérieure de l'abdomen, semblent démontrer expérimentalement la possibilité de frapper la surrénale avec des doses susceptibles de produire de l'hypoépinéphrie. Il est vrai d'ajouter que dans ce cas l'état général du sujet prêtait à supposer une altération fonctionnelle associée de la glande.

IV

RADIOLOGIE

A. — LA RADIOTHÉRAPIE RADICULAIRE

Névralgie occipitale et névrite cubitale guéries par la radiothérapie radiculaire (en collab. avec Cottenot). (*Soc. d'Electroth.*, 1912.)

La radiothérapie radiculaire dans le traitement des névralgies. (*Presse Médicale*, 25 juin 1913.)

La radiothérapie radiculaire dans le traitement des névralgies. (*Strahlentherapie*, 1913.)

21 cas nouveaux de radiothérapie radiculaire (en collab. avec Cottenot et Dariaux). (*Arch. d'Élect. méd.*, 1913.)

Sur la radiothérapie radiculaire. (*Soc. de Radiol.*, 1919.)

Nouvelles acquisitions de la radiothérapie radiculaire (en collab. avec Cottenot). (*Soc. de Radiol.*, 18 avril, 1919.)

La pathogénie des névralgies dites essentielles et leur traitement radiothérapique. (*Paris Méd.* fév., 1921.)

Contributions nouvelles à l'étude de la radiothérapie radiculaire. (*Soc. de Radiol.*, 1921.)

Sacralisation de la Vᵉ lombaire et algies sciatiques (en collab. avec Lauret et Weill). (*Soc. de Radiol.*, 1922, et *Presse Médicale*, 16 août 1922.)

Guérison d'un cas de prurit par la radiothérapie radiculaire (en collab. avec Cottenot). (*Journ. de Méd. de Paris*, 1913.)

1° ***Historique.*** — M. Béclère, irradiant des néoplasmes du sein, avait remarqué la sédation rapide des douleurs névralgiques qui accompagnent cette affection et avait pensé à une action décompressive des rayons X.

C'est par une remarquable observation de M. Babinski que l'attention a été attirée sur les bénéfices à attendre de l'irradiation de la région vertébrale dans certaines affections du système nerveux.

Dans le cas de M. Babinski (1908), il s'agissait de spondylose avec douleurs névralgiques qui furent très atténuées par l'action des rayons X. Dans la suite, Babinski, Charpentier, Delherm, Moral, Zimmern, Cottenot, Dariaux, Py ont publié un certain nombre de cas de sciatiques guéries par les irradiations faites sur la région lombaire.

Dans la plupart de ces observations, il s'agissait cependant d'irradiations faites alternativement sur les régions lombo-sacrées et sur le trajet du nerf aux points les plus douloureux, tandis que nous nous sommes toujours bornés à irradier la *région d'émergence* à l'exelusion de toute autre, convaineus que nous étions que les altérations causales de toutes les sciatiques dites essentielles résident dans le segment d'origine du nerf.

Les résultats de ce traitement systématique nous ont montré le bien-fondé de cette manière de voir.

2° ***Pathogénie.*** — Étendant cette conception pathogénique à *toutes les névralgies dites essentielles*, nous nous sommes attaqués à toutes les névralgies (cubitales, occipitales, du plexus brachial, intercostales) et nous avons, dans tous les cas, fait l'irradiation systématique et exclusive de la région d'émergence du nerf. C'est à cette méthode que nous avons donné le nom de « radiothérapie radiculaire ». Nous voulions ainsi opposer l'expression radiculaire à l'expression tronculaire telle que nous la comprenons. Le mot « radiculaire » ne s'applique pas au cadre étroit des radiculites intra-rachidiennes comme on a voulu nous le faire dire, mais à toutes les irritations du nerf siégeant au niveau ou dans le voisinage immédiat du trou de conjugaison en amont ou en aval.

Bref, toutes les névralgies auxquelles on ne trouve aucune cause périphérique (blessure, compression, traumatisme, piqûres, etc.), ces névralgies, que l'on est convenu d'appeler « essentielles » parce que leur cause nous échappe mais que l'on tend de plus en plus à rattacher à une lésion du trou de conjugaison ou de son voisinage (Sicard) sont, pour la plupart, justiciables de la radiothérapie radiculaire.

Sicard a en effet le premier individualisé sous le nom de névrodocite l'inflammation des zones où les troncs nerveux quittant l'enveloppe protectrice de la cavité cranienne ou du canal rachidien s'engagent soit dans les conduits osseux, soit dans les fentes ou les trous ostéo-fibreux.

Si l'on est d'accord pour assigner comme cause à la grande majorité des sciatiques une lésion des racines au voisinage du rachis ou dans le trou de conjugaison lui-même, le siège originel des autres névralgies est certainement homologue. L'aspect clinique sous lequel se présentent les névralgies brachiales vient à l'appui de cette conception. Les névralgies brachiales sont le plus souvent diffuses dans leur répartition topographique; la limitation stricte aux frontières d'un seul territoire nerveux est exceptionnelle. Si la douleur paraît parfois dessiner le trajet et la distribution d'un des gros troncs du plexus, cette localisation n'est en somme jamais pure; les autres territoires participent toujours dans une certaine mesure à la névralgie. Souvent, du

reste, la douleur, sans systématisation apparente, montre, par sa dissémination sur divers territoires, que la cause irritative atteint les nerfs du plexus en amont de leur constitution en troncs définitifs.

Une autre preuve de cette localisation de la lésion causale nous est fournie par les résultats de la radiothérapie radiculaire, c'est-à-dire de la radiothérapie dirigée sur les troncs rachidiens au niveau de leur émergence. Ces résultats, si favorables dans la sciatique, nous ont paru encore plus démonstratifs dans les névralgies brachiales, peut-être pour la raison très simple que la région radiculaire, moins profonde que dans les autres segments du rachis, y est plus aisément accessible à l'irradiation profonde.

Ces considérations topographiques cependant ne nous renseignent pas encore sur la cause intime des névralgies.

S'il s'agit réellement, comme tout semble l'indiquer, soit d'une compression dans les conduits qui aménent au dehors du rachis les racines nerveuses, soit d'une irritation due à un processus morbide juxta vertébral, celle-ci reléve-t-elle d'une périostite, d'une cellulite, d'une arthrite des articulations du rachis?

Rien ne nous paraît plus fondé que d'admettre la fréquence de l'arthrite, celle-ci vertébrale à l'origine, puis propagée au trou de conjugaison. Ainsi s'expliquerait que le rhumatisme, la goutte, l'arthritisme, la blennorragie, maladies à localisation articulaire, sont si souvent relevés dans les antécédents des névralgies.

A l'appui de cette hypothèse, nous signalerons encore ces cas de « métastases » névralgiques qui sont loin d'être exceptionnels, malades guéris de sciatique et présentant quelques mois aprés, ou à la première mauvaise saison, une névralgie intercostale, brachiale et inversement.

Le mode d'action de la radiothérapique radiculaire se comprend dès lors très aisément, soit qu'elle agisse primitivement sur les lésions inflammatoires de l'arthrite ou de la périostite, soit qu'elle dégage le nerf des infiltrations qui le compriment. La première hypothèse s'accorde avec les résultats que nous avons observés dans le traitement de certaines arthrites non tuberculeuses du poignet, du genou, de la tibio-tarsienne.

3° ***Sacralisation de la Ve lombaire.*** — L'étude de la sacralisation de la Ve lombaire est particulièrement intéressante et confirme tout à fait ce qui vient d'être exposé sur les névralgies radiculaires et leur traitement par les rayons X. Dans la sacralisation vraie, le trou de conjugaison devient un véritable canal osseux dont le calibre peut être assez réduit pour s'ajuster exactement, à frottement dur pourrait-on dire, sur le nerf auquel il livre passage.

Qu'il survienne dès lors une cause d'inflammation périnerveuse, une dilatation des veines satellites, une modification dans le tissu graisseux, il ne faudra qu'un bien léger degré de cette altération pour produire la compression.

Il semble donc bien que les dispositions anatomiques doivent figurer dans l'histoire pathogénique des algies sciatiques et que, par suite, toute sciatique un peu rebelle doit inviter à une exploration radiologique.

La sacralisation douloureuse vraie est au même titre que la sciatique, que les névralgies dites essentielles des nerfs rachidiens, une maladie du trou de conjugaison, favorisée dans son éclosion et sa genèse, sa gravité et sa durée par les conditions anatomiques.

A notre sens, l'étroitesse du canal de sortie joue un rôle favorisant indiscutable, et explique sans doute aussi la récidivité et la chronicité chez certains de ces malades.

Les sciatiques chez les grands sacralisés sont au plus haut degré des névrodocites, suivant l'expression si justifiée et déjà citée de Sicard.

Et mieux encore, le malade ainsi atteint n'a même pas la ressource, du fait de la sacralisation, d'ouvrir son trou de conjugaison par une attitude antalgique. Sans doute la scoliose existe-t elle le plus souvent, mais elle est inefficace.

Ajoutons enfin que la radiothérapie radiculaire, dirigée sur la région d'émergence du plexus sacré dont les résultats sont d'ordinaire si satisfaisants dans les névralgies rachidiennes, nous a paru avoir moins de prise dans ses effets décompressifs sur les cas précités. Dans deux de nos observations après une guérison apparente de quelques mois, les phénomènes douloureux ont reparu; dans un autre, le résultat obtenu a été à peu près nul, mais les autres médications instituées ne paraissent pas jusqu'ici avoir été plus heureuses.

4° ***Les névrodermites***. — Aux névralgies, ne se bornent pas, semble-t-il, les indications de la radiothérapie radiculaire. Dans notre travail de 1915, nous avons signalé un cas de prurit nettement localisé sur le domaine du plexus brachial et sur lequel la radiothérapie *loco dolenti* avait échoué. Une seule application faite à la région d'émergence du plexus avait fait disparaître le prurit.

Depuis lors, nous avons eu l'occasion de traiter un certain nombre de malades atteints de lésions cutanées variées : eczéma, lichen plan, prurigo, etc., avec des résultats anatomiques et fonctionnels excellents. Souvent même le prurit ou la lésion, rebelle à l'irradiation locale, cède seulement à l'irradiation radiculaire. Ce fait thérapeutique, vérifié depuis par de nombreux dermatologistes, a la valeur d'une expérience et soulève un problème intéressant de pathogénie des dermatoses : l'origine radiculaire.

5° ***Technique***. — La technique de la radiothérapie radiculaire qui paraît actuellement la plus favorable consiste à donner des petites doses fractionnées (1 à 24) et souvent répétées en opposition avec les doses massives (54) employées dans la radiothérapie d'autres affections, tout en se rappelant que cette technique est faite tout entière de cas particuliers.

B. — RADIOTHÉRAPIE DU FIBROME ET DES HÉMORRAGIES DE LA MÉNOPAUSE

1. **Radiothérapie et ménopause artificielles dans le traitement des fibromes et des hémorragies de l'âge critique** (en collab. avec Oudin). (*Journ. de Méd. de Paris*, 1911.)

2. **Au sujet de la radiothérapie des fibromyomes** (*Soc. de Radiol.*, 13 juin 1922.)

Il existe des *différences très grandes de sensibilité* du processus pathologique fibromyome vis-à-vis des rayons. Il y a des cas qui réussissent facilement et à peu de frais et d'autres qui, quoi qu'on fasse, se montrent éminemment réfractaires. Ces derniers, on les poursuit; parfois les hémorragies s'arrêtent pour un temps, et puis c'est la récidive.

Ces différences de sensibilité, de quoi relèvent-elles?

Le fibrome d'une part et l'ovaire d'autre part, présentent, selon nous, dans certaines circonstances, des conditions de sensibilité optima et les résultats heureux, tant au point de vue de l'hémostase que de la régression du fibrome doivent relever soit de la *sensibilité fibrolytique* du tissu fibromateux, soit de la *vulnérabilité cytolytique* de la glande.

La régression de la tumeur semble se produire de préférence lorsque la radiothérapie a été instituée pendant une période favorable, celle du développement initial du fibrome, celle où les centres germinatifs du fibrome, selon la théorie classique de Pillet, présentent leur activité maxima.

En cela nous sommes en concordance d'idées avec M. Béclère qui enseigne l'efficacité de la radiothérapie dans les fibromes en *voie d'accroissement* après la ménopause naturelle.

Quant à la vulnérabilité cytolytique de l'ovaire, elle est certainement à invoquer lorsque, chez les femmes d'un certain âge, l'ovaire commence à subir l'*involution régressive* du déclin de la vie génitale. C'est à ce moment que la radiothérapie fournit le maximum de succès, avec des doses relativement faibles, parce que, comme nous le savons pour le thymus, précipiter la régression d'un organe déjà en involution régressive naturelle est le propre des rayons X et n'exige qu'un minimum d'énergie.

A d'aussi notables différences de sensibilité il peut paraître légitime d'opposer des doses inégales et appropriées.

Les résultats brillants proclamés par les écoles de Fribourg et d'Erlangen dans le fibrome s'expliquent par l'emploi systématique d'une dose maxima, d'une dose limite. Mais celle-ci est le plus souvent, ainsi que l'ont établi les radiologistes viennois, et que nous en jugeons en France, sinon nuisible, du moins inutile. Le but qu'il y a lieu de poursuivre, c'est d'adapter la dose et la technique à la sensibilité de chaque cas.

De même que dans le traitement des leucémies, nous nous laissons guider par l'analyse hématologique, de même il n'y a nulle impossibilité à se laisser guider par l'évolution des symptômes, volume de la tumeur et hémorragie.

On sera ainsi surpris des doses souvent minimes, parfois même dérisoires que réclame, dans des cas rares sans doute, l'hémostase, ainsi que nous avons eu l'occasion de le constater après une unique application de 2H cutanés.

3. **La thérapeutique des fibromyomes par les radiations** (*Gaz. des Hôp.*, Sept. 1921).

4. **Un cas d'hémostase par dose faible** (en collab. avec Bloch). (*Soc. de Radiol.*, octobre 1922.)

5. **Résultats favorables du courant continu dans un cas d'insuffisance ovarienne due à l'action des rayons X** (en collab. avec Cottenot). (*Soc. de Radiol.*, 1914, et *Journal de Radiol.*, 1914.)

C. — CURIETHÉRAPIE

1. **Recherches sur l'action du radium dans le cancer de la face** (en collab. avec le Prof. Pozzi). (*Médecine moderne*, 6 juillet 1904.)

Avec notre maître, le Prof. Pozzi, nous avons été parmi les premiers qui ont utilisé le radium dans un but thérapeutique.

Nous ne connaissions guère, à l'époque, que les travaux de M. Danlos et une observation de cancer de la langue, non guérie, sensiblement améliorée subjectivement, de Bergonié. Grâce à l'obligeance de Pierre Curie, qui a bien voulu nous confier quelques jours une petite quantité de son précieux produit, nous avons pu suivre les effets du radium dans deux cas de cancer inopérables, l'un un cancer du col et du corps de l'utérus, l'autre un épithélioma de la face.

Chez la première malade, nous n'avons pas noté de modifications appréciables. Chez la seconde, les premières séances furent faites au moyen d'un tube contenant 4 centigrammes de radium pur. Le tube fut d'abord appliqué en un point de la lésion, voisin des tissus sains. Après trois séances de 8 minutes chacune, on put constater un aspect grenu velvétique, de la zone impressionnée, et comme une tendance à la réparation. Cette zone, auparavant très douloureuse à la pression, au frôlement, était devenue insensible.

Un accident survenu au tube nous empêcha de poursuivre l'essai commencé, mais quelques jours plus tard, M. Curie mit à notre disposition un tube contenant 7 centigrammes de radium et, sur ses indications, nous instituâmes des séances plus longues

(45 minutes environ). Le bourgeonnement de réparation ne s'est pas montré dans cette seconde série d'applications ; au contraire la destruction a paru se faire plus rapidement, les douleurs spontanées se montrèrent plus vives, affectant le caractère de névrite, comme si l'envahissement avait affecté les filets nerveux jusqu'alors intacts, et l'état général, bon jusque-là, parut décliner.

L'apparition de ces phénomènes engagea à suspendre le traitement. Dans la suite, l'état général de la malade s'améliora, les douleurs se calmèrent, et le néoplasme parut s'arrêter dans sa marche extensive.

Il semble donc que les premières séances, séances courtes, aient produit un effet favorable, tandis que les séances longues paraissent avoir précipité la marche en avant de l'ulcus. Nous avons tenu à rapporter cette observation, uniquement dans le but d'apporter à la radiumthérapie naissante une contribution personnelle à la question du dosage.

2. **Quelques faits relatifs à l'action thérapeutique du radium en neuropathologie** (en collab. avec le Prof. Raymond). (*Bulletin de l'Académie de Médecine* et *Congrès de l'A. F. A. S.*, Grenoble, 1904.)

Les expériences relatées dans cette note ont été faites à l'aide d'une petite quantité de radium, mise obligeamment à notre disposition par Pierre Curie (bromure de radium pur : 7 centigrammes).

Nous avons choisi pour l'étude des effets thérapeutiques du radium en neuro-pathologie une douzaine de malades atteints de diverses affections du système nerveux. Sur les malades atteints de névrose fonctionnelle, nous n'avons obtenu aucun effet des applications répétées du radium, bien que nous ayons compté sur l'action suggestive des mystérieuses propriétés de ce corps. Toutefois chez un hystéro-traumatique avec hémi-anesthésie gauche totale, il nous a suffi de promener quelques minutes le radium enfermé dans son ampoule sur le membre supérieur du côté malade, pour voir réapparaître peu à peu la sensibilité de ce côté.

Chez des malades atteints de lésions organiques : paralysie faciale, sclérose en plaques, paraplégiques, les résultats ont été négatifs ; par contre, chez une série de tabétiques, les phénomènes douloureux ont diminué, voire disparu dans la plupart des cas (crises gastriques, douleurs fulgurantes).

Ces effets nous ont même paru tellement rapides que nous n'avons pas hésité à les attribuer à l'influence de la suggestion. On dut toutefois renoncer à une pareille interprétation, les applications faites sur les mêmes malades, et à leur insu, n'ayant jamais amené aucune amélioration.

Cette action observée chez les tabétiques (nous avions opéré avec un produit extrêmement radio-actif) apporte un argument en faveur d'une action du rayonnement gamma très pénétrant sur les centres nerveux. On retrouve des effets semblables dans les améliorations obtenues au point de vue sensitif, dans certaines formes de zona. On

sait, en effet, que la radiumthérapie est susceptible dans des cas de ce genre de diminuer notablement l'intensité des crises algiques.

3. **Résultats éloignés du traitement des nævi par le radium** (en collab. avec de Beurman) (*Soc. méd. des Hôp.*, 22 novembre 1907.) Communication ayant trait à l'action comparative du radium, des rayons X et de l'électrolyse.)

Cette dernière laisse des traces cicatricielles et doit être écartée dans les nævi plans. Les rayons X semblent ne donner que des résultats imparfaits. Les modifications esthétiques obtenues sont à l'avantage du radium.

4. **Traitement du cancer du sein.** (*Soc. de Thérap.*, 28 janvier 1908.)

5. **Pénétration diadermique des principes radioactifs des boues actinifères** (en collab. avec M. et Mme Fabre). (*C. R. de l'Acad. des sciences* et *Congrès de l'A. F. A. S.*, Dijon, 1911.)

Dans le but de vérifier la réalité d'une influence additionnelle du courant continu sur l'action thérapeutique des boues radioactives, nous avons recherché à quel point le courant continu est capable de modifier la pénétration de matières radioactives dans les tissus.

Pour réaliser l'expérience *in vitro*, nous avons employé des tubes de gélatine à 5 0/0 en contact avec les boues ferrugineuses actinifères. Après passage d'un courant de 5 mA, la gélatine de l'électrode négative a été étalée, desséchée à 37° et mesurée au quartz piézo-électrique de Curie.

Elle manifestait alors une activité de 0^{u},06 qui a persisté depuis en augmentant sensiblement jusqu'à 0^{u},118 au 5e jour.

L'électrode positive a acquis également une forte activité, mais plus lente à se manifester et n'apparaissant que le 5e jour pour atteindre au 4e la même activité que l'électrode négative et se maintenir ensuite à 0^{u},130.

Il est probable que cette activité doit relever, en ce qui concerne la cathode, d'un transport de l'ion radioactif. Celle de l'anode par contre ne peut être expliquée par les phénomènes d'électrolyse.

Cette méthode de l'introduction diadermique des principes radioactifs des boues actinifères fut essayée dans plusieurs cas d'arthrite, bacillaire, rhumatismale, goutteuse, et d'arthropathie.

Dans la plupart de ces cas nous avons obtenu un effet résolutif marqué allant même jusqu'à la disparition complète des phénomènes douloureux.

D — RADIOLOGIE DE GUERRE

Localisation anatomique des projectiles par la radiographie, sans autres appareils qu'un centimètre, un double décimètre et une carte des opérations. (*Paris médical*, février, 1915.)

Dès le début de la guerre, tous les radiologistes rivalisèrent pour trouver un procédé simple et rapide de localisation des projectiles.

Les moyens de repérage d'ordre instrumental (compas) ou géométrique (procédé Haret) fournissaient au chirurgien des données qui ne permettaient pas de situer *anatomiquement* les projectiles, de juger par suite de la possibilité d'une intervention et enfin encore de décider de la voie d'accès la plus propice. Ce que réclamaient les chirurgiens, c'était, quitte à sacrifier un peu de la haute précision, une donnée anatomo-topographique convenable.

Le but du procédé que nous avons publié à l'époque était de fournir la solution du problème posé *en langage anatomique*, et de répondre en anatomiste de la manière suivante, par exemple : « Le projectile se trouve dans le canal rachidien », ou « le projectile se trouve derrière les lames vertébrales ».

La rigueur mathématique des compas, très prônée à cette époque, ne nous a d'ailleurs pas paru si nécessaire, puisqu'il s'agissait de projectiles de guerre assez volumineux, rigueur que rendait du reste illusoire le déplacement du corps étranger, les mouvements du malade, le débridement des aponévroses, le décollement de la sonde cannelée, le jeu des écarteurs, en un mot, l'acte opératoire lui-même.

La méthode que nous avons proposée n'est pas un procédé nouveau; elle repose sur des principes reconnus classiques : toute son instrumentation se ramène à un fil à plomb, à un ruban centimétrique, un double décimètre et des coupes horizontales demi-schématiques du corps à différentes hauteurs, empruntées aux ouvrages d'anatomie topographique les plus répandus.

1° Par une première épreuve, un premier examen radioscopique, on repère la situation approximative du projectile.

2° On suppose le corps humain sectionné en une infinité de tranches perpendiculaires à son grand axe, et on choisit l'une d'elles qui contient le projectile; cette tranche est appelée plan principal. Ce plan principal correspond sensiblement à l'une des coupes anatomiques qui devient ainsi « la carte d'opération ».

3° La plaque ou la cassette contenant la plaque est glissée sous le blessé, de telle manière que le plan principal la coupe environ par son milieu. Le pied porte-ampoule est réglé de manière à permettre le déplacement du tube dans ce plan. On amène le foyer du tube dans le plan principal, de manière que le rayon normal passe par ce plan et par le plan médian du corps; ce n'est toutefois pas dans cette position que s'effectue la radiographie ; on déplace en effet le tube en dehors, jusqu'à ce que le fil à plomb soit le plus près possible du repère cutané qu'on aura établi dans la radiographie ou la radioscopie préliminaire.

Le chemin accompli par le tube dans le plan principal, depuis l'axe du corps jusqu'au repère ci-dessus est noté sur la tige horizontale qui supporte le tube; ce chiffre est noté pour être utilisé plus tard.

4° Le tube étant au-dessus du repère, on prend une première radiographie; sa hauteur est notée à partir de la plaque, on déplace ensuite le tube d'une distance connue (en général 6 centimètres), de manière à obtenir sur la plaque une seconde épreuve, selon la méthode de Buguet-Guascard.

5° Laissant la plaque fixée sur la table, tandis que le blessé est enlevé, on marque sur le papier de la plaque, le pied du rayon normal, en le perçant avec une aiguille.

6° On enlève la plaque pour la porter au développement et on mesure à l'aide du centimètre le périmètre du sujet au niveau du plan principal.

7° Des mensurations successives permettent ensuite de connaître : 1° le décalage horizontal apparent, c'est-à-dire la longueur de la perpendiculaire abaissée de l'image du projectile, sur la verticale parallèle au bord de la plaque; 2° le décalage vertical, c'est-à-dire le déplacement en hauteur par rapport au plan principal.

8° Les données ainsi obtenues sont utilisées pour la mise en place anatomique, il suffit pour cela de ramener le chiffre trouvé radiographiquement à l'échelle des coupes. On peut admettre sans erreur notable que la grande majorité des individus reconnus bons pour le service ont dans leurs divers segments des proportions sensiblement semblables.

Cette méthode anatomique, sans épure ni appareil, infiniment plus longue à exposer qu'à réaliser, nous a rendu pendant la guerre les plus grands services. Elle nous a permis dans beaucoup de cas de déterminer d'une façon précise la situation anatomique des projectiles, lorsque le chirurgien émettait un doute sur sa situation réelle; c'est ainsi, par exemple, que dans un cas d'hématurie, où l'ouverture de la région rénale n'avait pas permis de découvrir le projectile du premier coup, nous avons pu affirmer son existence dans le parenchyme rénal, et il fut en effet trouvé dans le pôle inférieur du rein.

Dans un autre cas, nous avons pu affirmer l'existence du projectile dans le corps vertébral lui-même, alors que quelques épreuves radiographiques semblaient le faire admettre dans le canal rachidien.

C'est ainsi encore que devant cette question si troublante dans le cas de projectiles du bassin : faut-il localiser le projectile dans la fosse iliaque interne ou externe? nous avons toujours pu le situer exactement et permettre au chirurgien de l'aborder sans hésiter par la voie externe ou par la voie interne.

M. Béclère, qui nous fit l'honneur de déposer ce travail sur le Bureau de l'Académie de Médecine, a bien voulu porter sur lui l'appréciation suivante :

« Ce procédé qui fait grand honneur au Dr Zimmern a rendu à nos blessés de grands services. Il mérite, pour étendre ses bienfaits, d'attirer toute l'attention des chirurgiens et des médecins radiologistes. »

---

1. **Considératione sur lee radiations en physiologie et en médecine** (en collab. avec Oudin) (*Rev. scientifique*, 1912; *Ann. d'Électrobiol. et de Radiologie*, février 1912).
2. **Valeur de la radiothérapie dans le traitement dee adénopathiee** (en collab avec Oudin) (*Gaz des Hôp.*, 1910).
3. **La radiothérapie des cicatrices** (en collab. avec Cottenot et Iloudé) (*Groupement médico-chirurgical de la 5e région*, 1918).

La radiothérapie des cicatrices (en collab. avec Cottenot et Iloudé) (*Paris Médical*, 14 septembre 1918).

Dans l'échella des sensibilités, le tissu cicatriciel se classe comma unc forme pathologique du tissu conjonctif normal.

Dans certains cas, en présence de blocs cicatriciels très volumineux, l'intervention chirurgicale s'impose, mais, afin de prévenir la récidive, la radiothérapie doit venir compléter l'intervention libératrice.

L'âge de la blessure domine par son importance tout le succès du traitement. Sur des blessures récentes, il est plus facile de maintenir le tissu conjonctif à l'état embryonnaire que de la ramener une fois la sclérose constituée.

4. **De l'action des rayons X en neuro-pathologie.** (*Soc. de Thérap.* 1904.)
5. **Quelques considératione sur lee bases scientifiquae de la rœntgenthérapie.** (*Presse Méd.*, 1908.)
6. **Aspiration accidentelle d'un lait de bismuth dans l'arbre respirstoire. — Vua surprise à la radioscopia** (en collab. avec Turchini et Bénard) (*Soc. de Radiol.*, déc. 1910).
7. **Un cae de faux anévrisme de l'aorte.** (*Soc. d'Électroth.*, 1913.)
8. **Invarsion totale des viscèree** (en collab. avec Le Coniat (*Groupe méd. de la Ve Armée*, 1917).
9. **Sur deux cas de maladie de Paget.** (*Soc. de Radiol.*, 1921.)

V

ÉLECTROLOGIE

A. — TRAVAUX ORIGINAUX

1. **Scarifications et haute fréquence combinées en thérapeutique dermatologique** (en collab. avec Louste) (*Soc. Méd. des Hôp.*, 26 juin 1908, et *Soc. de Dermat.*, 2 juillet 1908).

2. **Considérations sur les effets de la fulguration. Action onloplasique de l'étincelle.** (*Assoc. franç. pour l'étude du cancer*, 15 février 1909.)

Courants de haute fréquence et action ouloplasique. (*Presse médicale*, 1909.)

Si d'autres que nous ont proposé d'associer le curettage à l'étincelle ou aux rayons X, nous avons eu l'idée pour accroître l'effet thérapeutique de combiner les scarifications préalables à l'étincelage chaque fois qu'il y a lieu en dermatologie de remplacer un tissu morbide par une cicatrice saine, souple et résistante (lupus, ulcérations atones, brûlures, etc.). La supériorité de cette méthode combinée sur les scarifications seules ou sur l'étincelage seul est rigoureusement incontestable.

L'étincelle froide, contrairement à l'opinion admise, n'est pas destructrice. Elle stimule au contraire l'activité réparatrice, avec tendance à la sclérose conjonctive. De là le nom de méthode *ouloplasique* que nous avons créé.

C'est dans ce sens que, dans le traitement du cancer, devrait être comprise la fulguration après exérèse chirurgicale comme nous l'avons constamment soutenu.

3. **Vertige voltaïque et vertige auriculaire** (en collab. avec Gendreau) (*Soc. de laryngol.*, 14 avril 1910.)

4. **Vertige voltaïque et vertige anormal réflexe de convergence au lieu de nystagmus.** (*Soc. de neurol.*, 5 avril 1917.)

Chez un sujet sain, l'application de deux électrodes au-devant du tragus détermine,

comme l'on sait, comme premier phénomène objectif, des secousses nystagmiques dirigées vers l'électrode négative.

A l'état pathologique on ne considère que des variations d'excitabilité dans l'apparition du nystagmus, c'est-à-dire son apparition avec un courant plus faible qu'à l'état normal (hyperexcitabilité) ou plus intense (hypoexcitabilité); parfois le nystagmus manque complètement.

Mais il s'agit là de variations quantitatives et nous ne croyons pas qu'on ait décrit des variations qualitatives.

Or au lieu du nystagmus conjugué des deux yeux nous avons rencontré chez un malade une modification qualitative caractérisée par un réflexe de convergence.

Les autres manifestations du vertige voltaïque chez lui étaient normales. Il s'agissait d'un blessé atteint au niveau du crâne par un éclat de 75.

Une incision exploratrice faite consécutivement ne décela aucune lésion osseuse, mais il y eut des troubles tels que : céphalée, vertiges, paraphasie, parésie et hypoesthésie des membres inférieurs qui nécessitèrent une trépanation. L'examen auriculaire ne décela aucune lésion vestibulaire.

Cette anomalie peut être interprétée de deux façons :

Ou bien il s'est agi d'une anomalie simple, en quelque sorte congénitale du vertige voltaïque, anomalie commandée par une disposition anatomique des fibres liant le noyau de Bechterew et le noyau vestibulaire au noyau d'origine de la IIIe paire.

Ou bien il a pu s'agir d'un réflexe de convergence pathologique consécutif à la blessure. Dans ce dernier cas, l'intégrité très vraisemblable de l'oreille et du vestibule montre qu'une anomalie du nystagmus peut être indépendante des lésions du nerf vestibulaire, contrairement à la théorie de Barany et liée à une lésion des centres supérieurs.

5. Traitement des bourdonnements, de la surdité et des vertiges par le courant galvanique et les courants de haute fréquence (en collab. avec Gendreau) (*Société de Laryngologie*, 14 avril 1910. — *Congrès de l'A. F. A. S.*, Lille, août 1909).

Traitement des bourdonnements, de la surdité et des vertiges par le courant galvanique et les courants de haute fréquence (en collab. avec Gendreau) (*Arch. d'Elect. méd.*, 1909).

Nos recherches ont d'abord porté sur le traitement des bourdonnements, de la surdité et des vertiges par le courant galvanique et les courants de haute fréquence, en application locale sous forme d'effluve ou d'étincelle. Nous avons traité la plupart de nos malades par ces deux sortes de courant; cependant, nous avons cru utile de traiter entièrement quelques malades, les uns par le courant galvanique, les autres par la haute fréquence, pour nous rendre compte des résultats donnés par chaque méthode.

Les conclusions de ce travail ont été :

1° Chaque fois que l'on se trouve en présence d'un cas de vertige auriculaire, on doit commencer à traiter le malade par le courant galvanique avant de recourir à tout autre mode de traitement.

2° Quant à la surdité et aux bourdonnements, étant donné que ces résultats ont été obtenus chez des malades qui antérieurement avaient suivi de nombreux traitements sans aucune amélioration, nous pensons que les applications de courant galvanique suivies d'applications de courants de haute fréquence peuvent améliorer certains malades rebelles aux traitements antérieurs.

6. **Le traitement de l'ozène par la haute fréquence** (en collab. avec Gendreau) (*Arch. d'Elect. méd.*, 25 oct. 1909).

Les résultats que nous avons obtenus ont été confirmés par Leroux-Robert (*Congrès d'oto-rhino-laryngologie*, 15-18 octobre 1924).

Depuis 15 ans, cet auteur a employé toutes les thérapeutiques proposées, et il déclare que toute cause favorisante d'ozène traitée à part (syphilis), aucun traitement ne semble aussi efficace que les courants de haute fréquence dont l'application s'améliorera en même temps que se perfectionneront l'instrumentation et la technique.

7. **Note préliminaire pour servir à l'histoire des névralgies faciales.** (*Soc. d'Electroth.*, mars 1903.)

Sur quelques particularités cliniques de la névralgie faciale et son traitement par l'électricité. (*Arch. de Neurol.*, 1903, n° 86.)

Le traitement électrique de la névralgie faciale. — Perfectionnements apportés à la méthode. (*Arch. d'Elect. Méd.*, 1904.)

Traitement de la névralgie du trijumeau. (*Presse Médicale*, 11 avril 1903.)

Les résultats thérapeutiques obtenus par Bergonié dans le traitement de la névralgie du trijumeau par le courant continu à haute intensité, et avec les électrodes à large surface nous ont engagé à reprendre cette méthode pour en faire une étude complète clinico-thérapeutique. Les nombreux malades que nous avons pu traiter au laboratoire d'électrothérapie de la Salpêtrière nous ont fourni un champ d'étude très étendu. Nous avons pu ainsi différencier au point de vue clinique les différentes formes évolutives de la névralgie faciale, et rechercher d'une façon précise les indications de la méthode de Bergonié. Cette étude nous a fait apporter à la technique de cet auteur deux modifications essentielles : 1° la réduction de l'intensité aux doses faibles, c'est-à-dire quelques milliampères seulement; 2° la prolongation de la durée des applications, une heure et davantage. Dans la suite nous avons pu confirmer cette règle

générale que, dans le traitement des névralgies, il y a lieu d'utiliser des densités faibles de courant avec une porte d'entrée à large surface, en séances très prolongées, tandis que pour produire des phénomènes d'excitation, le maximum d'efficacité revient aux densités élevées et aux séances courtes.

8. **La diathermie et les effets thermiques des courants de haute fréquence.** (*Presse Médicale*, 11 mai 1910.)

La diathermie. (*Presse Médicale*, 1913.)

La diathermie. (*Presse Médicale*, 1919.)

Ces articles, ayant l'allure d'une revue générale, sont plus exactement une mise au point de la question de la diathermie. Né en France (d'Arsonval), étudié dans ses effets par des auteurs français (Bergonié, Zimmern et Turchini), ce procédé thérapeutique nous est revenu plusieurs fois d'Allemagne comme une nouveauté. Le but de ces articles a été de restituer aux travaux français leur priorité et de faire connaître, à cette occasion, les fondements scientifiques sur lesquels s'appuyait la diathermie.

La diathermie est une méthode qui utilise le courant de haute fréquence, courant qui laisse inexcités les nerfs sensitifs et moteurs pour produire entre les électrodes d'application un effet thermique par chaleur de Joule. Contrairement aux applications de chaleur, en usage en thérapeutique, dont la source est toujours exogène, la production de chaleur par la diathermie se fait sur le trajet du courant et est, par suite, endogène.

D'Arsonval, en 1892, avait déjà montré qu'on peut ressentir une sorte de chaleur s'accompagnant bientôt d'une production abondante de sueurs. En 1896 il montra qu'on pouvait faire passer chez les animaux des courants de haute fréquence capables de produire de véritables amputations au niveau des sections les plus faibles des membres. Dans la suite nous avons montré avec Turchini (v. p. 50) l'influence de l'apport de chaleur sur la régulation thermique.

C'est sur ces expériences que sont basées toutes les applications thérapeutiques de diathermie, soit qu'il s'agisse d'applications directes entre deux électrodes métalliques, soit qu'il s'agisse du dispositif appelé lit condensateur, soit enfin que l'on utilise des électrodes inégales, la densité du courant et, par suite, l'élévation de température l'emportant sous la plus faible, comme on le fait dans l'électro-coagulation.

Ces articles envisagent ensuite la technique de ces différentes applications et les indications qui nous ont paru les plus rationnelles de leur emploi, à savoir certaines algies profondes, certaines affections vasculaires, hypertension simple, angiospasmes, maladie de Raynaud, cryesthésie des hypertendus.

B. — **VARIA**

1. **Lee applications directee et indirsctss de l'électricité.** (*Gaz. des Hôp.*, 26 mars 1912.)
2. **De l'utilité de l'élsctro-diagnoetic en cliniqus.** (*Journal médical français*, 15 avril 1911.)
3. **L'élsctrodiagnostic dans les paralysies radlculaires du plexus brachial.** (*Paris Médical*, 8 juin 1912.)
4. **Quels renseignements nous fournit la D R dans les bleesuree dee nerfe?** (*Presse Médicale*, avril 1915.)
5. **L'électrodiagnoetic dans lee paralysies radiculairee du plexue brachial.** (*Paris Méd.*, 8 juin 1912.)
6. **A propos dee modifications dites lègèrss de l'sxcitabilité. Une cause très fréquente d'errsur d'intsrprétation en électrodiagnostic** (en collab. avec Logre. (*Réunion méd. chirurg. de la Ve armée*, 1916.)
7. **Les ione en gynécologie.** (*Rev. de Gynécol. et de chir. abdominales*, juillet-août 1906 et *Livre d'Or* du Prof. Pozzi, 1906.)
8. **L'introduction électrolytique des médicaments.** (*Congrès de Médecine*, août 1907 et *Presse médicale*, 15 févricr 1907.)
9. **Coneidératione pronostiquss sur ls lavement électrique.** (*Arch. d'Elecl. méd.*, 1906.)
10. **Effets généraux des courants de haute fréqusncs. Leur action dane cinq cas ds goitre exophtalmique** (en collab. avec Bordet) (*Arch. d'El méd.*, 1911).
11. **Rétréciesement dysentérlque du rectum. Excision. Ineuccès. Anus iliaque. Traitement par l'électrolyse circulaire. Grande amélioration.** (*Société de Chirurgie*, Rapport de M. Bazy, 19 juin 1919.)

Il s'agit d'un rétrécissement en virole, situé à 3 centimètres au-dessus de l'anus, avec des fistules, ayant nécessité un certain nombre d'interventions. Des essais de dilatation furent tentés par M. Bazy, sans succès. Quand le malade nous fut confié le rectum n'admettait qu'une sonde de 6 millimètres de diamètre.

On utilisa, comme électrode active, une bougie en ébonite terminée par une extrémité tronconique émoussée, en métal, qu'on amenait à l'entrée du rétrécissement et

qui était reliée au pôle négatif d'une source de courant continu. L'intensité employée était de 8 à 10 milliampères pendant une durée de 4 minutes. On ne passait à un numéro supérieur que lorsque le numéro actuel passait librement et sans douleur.

Le calibre obtenu finalement correspond à une grosse sonde de 27 millimètres de diamètre.

Le résultat s'est maintenu pendant deux ans, époque à laquelle le malade fut perdu de vue.

12. **Le traitement par l'électricité de la fissure sphinctéralgique.** (En collab. avec Laquerrière. (*Presse Méd cale*, 22 juin 1901; *Arch. d'Elect. Médic.*, 15 juillet 1901 et *Soc. d'Electrothérapie*, 1901.)

13. **Le traitement par l'électricité de l'entérocolite muco-membraneuse.** (*Soc. de Thérap.*, 1904; *Presse Médicale*, 2 avril, 1904.)

14. **Un nouveau cas de fissure sphinctéralgique guéri par l'électricité** (en collab. avec Nigay) (*Annales d'Electrobiologie*, mars-avril 1902.)

15. **Le traitement électrique des atrophies réflexes; essai de pathogénie.** (*Presse Médicale*, 1907.)

16. **Sur deux cas de fibromes devenus polypes.** (*Soc. d'Electrothérapie*, 1905.)

17. **Le traitement de la paralysie infantile.** (En collab. avec Bordet) (*Congrès de l'A. F. A. S.*, 1910.)

Étude clinique des modalités optima à utiliser dans le traitement de cette affection.

18. **Trois cas d'albuminurie résiduelle traités par la diathermie** (en collab. avec Houdé) (*Group. médico-chirurg. de la 5e Région*, Déc. 1917.)

VI

PUBLICATIONS DIVERSES

CLINIQUE

Parmi les publications purement cliniques, nous mentionnerons :

Sur un cas de ramollissement de la région préfrontale (en collab. avec Belmont.) (*Arch. génér. de Médecine*, Déc. 1898.)

Sur un cas de rachitisme familial. (*Nouvelle iconographie de la Salpêtrière*, 1901.)

Cette observation concerne une famille de petits rachitiques.

On sait que la théorie héréditaire du rachitisme a été complétement abandonnée et que les notions pathogéniques actuelles que nous possédons sur cette affection démontrent que c'est dans des conditions d'hygiène alimentaire défectueuse qu'il faut chercher la véritable raison des accidents rachitiques.

Or, cette observation semblait apporter la confirmation du rachitisme familial. Nous pensons que, malgré l'existence de cas de ce genre, la répétition des accidents rachitiques au sein d'une même famille n'est liée à l'hérédité qu'en apparence et ne doit être considérée que comme purement accidentelle.

VII

OUVRAGES DIDACTIQUES

1. **Radiothérapie. Radiumthérapie. Photothérapie.** (En collab. avec Oudin. Paris, 1914, Baillière, édit., 1 vol. de la collection de Thérapeutique Gilbert-Carnot.)

Radiothérapie (2e édition, augmentée et complètement refondue) (sous presse).

Cet ouvrage constituait l'état actuel de la science radiothérapique en 1915.

Il est consacré à l'étude des propriétés physiologiques et des applications thérapeutiques des rayons de Rœntgen, des rayons du radium et des rayons lumineux.

Nous l'avons compris non pas comme un résumé plus ou moins déguisé des publications parues précédemment, mais comme un exposé synthétique et critique des acquisitions de la radiothérapie. A propos de chaque question, nous nous sommes astreint à faire d'abord un historique impartial, nous efforçant surtout de signaler l'importance des travaux français qui ont contribué, pour une large part, à faire connaître le mode d'action et les effets des radiations.

(La plupart de ces recherches faites dans les laboratoires français étaient passées sous silence à l'étranger et même ignorées chez nous en l'absence d'ouvrages récents et complets.)

Nous avons ensuite coordonné les idées éparses dans toutes ces publications, groupé les conceptions actuelles, cherché au point de vue pratique à fournir au médecin praticien des renseignements utiles, en nous basant sur des données scientifiques expérimentales et physiologiques, de manière à éliminer, autant que possible, tout ce qui aurait pu paraître empirique.

L'ouvrage comprend trois parties : la Rœntgenthérapie, la Radiumthérapie et la Photothérapie.

Dans l'introduction nous avons consacré un certain nombre de pages à une vue d'ensemble sur les radiations. Nous y rappelons d'abord ce que sont les radiations au point de vue physique, leur nature et les théories édifiées pour expliquer leurs propriétés. Nous avons cherché à en montrer le rôle dans les phénomènes de la vie, les

moyens de défense, les réactions de l'organisme. Agents destructeurs, les radiations peuvent être utilisées à doses convenables, comme agents thérapeutiques.

Après avoir passé en revue les notions acquises sur la sensibilité des différents tissus normaux et pathologiques, nous avons cherché à englober les résultats acquis dans une conception synthétique que réalise la loi formulée par Bergonié et Tribondeau, dont nous connaissons aujourd'hui toute la portée et à laquelle leur nom mérite de rester attaché.

Une vue d'ensemble comparative nous a permis finalement de signaler les analogies que présentent dans leur mode d'action sur nos tissus, les rayons ultra-violets et les rayons de Rœntgen (réactions cutanées, modifications cellulaires).

Dans le premier chapitre intitulé *Notions de physique et de technique radiologique* nous rappelons ce qu'il est nécessaire de savoir sur les sources à haut potentiel pour l'excitation des tubes à rayons X et sur la source radiogène.

A propos des moyens de mesure, nous insistons sur la difficulté d'appréciation exacte des doses par les divers quantitomètres, mettant en garde contre les nombreuses causes d'erreur. Nous avons proposé comme unité quantitométrique le Villard, désigné par l'initiale V, correspondant à la teinte B du Sabouraud, voulant ainsi perpétuer le souvenir du physicien français à qui nous devons tant en radiologie.

Dans le IIe chapitre sont étudiés les effets physiologiques des rayons X sur la peau des organes glandulaires et les autres tissus. Nous avons divisé les radiodermites non plus en aiguës et chroniques, mais en radiodermites bénignes et graves, ces dernières pouvant être ou nécrosantes ou dystrophiques.

Dans le IIIe chapitre où se trouvent traitées les diverses questions de la radiothérapie spéciale avec leurs indications et leur technique nous avons toujours eu en vue de les rapporter aux lois anatomo physiologiques qui les régissent.

A propos de chaque affection nous avons discuté les techniques préconisées antérieurement et exposé celles que, en donnant les raisons théoriques et pratiques, nous avons cru devoir conseiller d'aprés notre expérience propre.

Une seconde partie de l'ouvrage est réservée à la Radiumthérapie (notions de physique, propriétés physiologiques, instrumentation, indications cliniques).

La dernière partie : Photothérapie, suivant le plan des deux précédentes, comprend la physique des sources utilisées en photothérapie : le soleil, source actinique naturelle, les sources actiniques artificielles et l'étude des propriétés physiologiques de ces radiations et de leurs applications thérapeutiques.

2. **Electrodiagnostic de guerre** (en collaboration avec Pérol), Paris, 1918, Masson, édit., 1 vol. de la collection Horizon.

L'importance de l'électro-diagnostic dans les blessures de guerre, le souci constant de renseigner d'une manière précise et utile le neurologue, le thérapeute, le chirurgien, le médecin des commissions de réforme, nous a amené à jeter sur le papier quelques notes relatives aux données essentielles de l'exploration électrique.

En les coordonnant nous nous sommes trouvé à avoir écrit ce petit livre. L'électrodiagnostic en matière de neurologie de guerre est en effet le complément indispensable de l'examen clinique.

Son importance a été reconnue par le Service de Santé militaire qui lui a donné une juste place dans les dossiers de réforme.

Il tire sa valeur de ce que les réactions électriques constituent des signes objectifs, nets, indiscutables, d'une précision mathématique.

C'est grâce à lui que se dissipe l'indécision lorsque le neurologiste hésite sur l'existence ou la co-existence de troubles pithiatiques, c'est lui qui fournit les éléments primordiaux du pronostic dans les blessures des nerfs qui permettent de poser une indication thérapeutique précise.

C'est à lui encore qu'il appartient de soutenir la gravité d'une impotence devant le conseil de réforme.

Il nous a donc semblé indispensable de familiariser les médecins-chefs des centres de neurologie, de physiothérapie et leurs assistants avec la technique, les indications et les conclusions de l'électrodiagnostic. Depuis les publications didactiques de Huet, il n'a paru en France aucune étude, aucune revue d'ensemble de l'électrodiagnostic; aussi avons-nous pensé faire œuvre utile en mettant à la disposition des médecins ce petit manuel.

Une longue expérience personnelle de la question nous a permis d'éliminer tout ce qui pouvait ne pas avoir un caractère pratique immédiat. Indépendamment de l'électrodiagnostic proprement dit basé sur les variations d'excitabilité des nerfs moteurs et la réaction de dégénérescence, nous avons consacré un chapitre à l'électrodiagnostic des troubles sensitifs et sensoriels et un autre au vertige voltaïque.

Enfin l'ouvrage se termine par un chapitre sur les rapports entre l'électrodiagnostic et les décisions des Conseils de Réforme.

3. Éléments d'électrothérapie clinique. Paris, 1906 (Masson, édit.) 1 vol. de 400 pages avec 8 planches et 151 figures dans le texte. Préface de J. Bergonié. Couronné par l'*Acad. de Méd.* Prix Desportes 1906.

Dans ce livre destiné aux étudiants et aux médecins praticiens, nous avons exposé d'une façon succincte les premiers principes de l'électricité médicale moderne.

Pour le rédiger, nous avons mis à profit les observations que nous avons pu recueillir pendant les années que nous avons passées tant au laboratoire d'électrothérapie de la clinique Charcot qu'à notre laboratoire de la clinique gynécologique.

Ainsi que le dit M. le professeur Bergonié dans la préface qu'il nous a fait l'honneur d'écrire pour notre travail, il y a deux moyens de confectionner un livre d'électrothérapie : l'un de compilation, l'autre de sélection. C'est ce dernier moyen que nous avons mis en œuvre.

Nous nous sommes limité en effet à un certain nombre de questions celles que l'on pourrait très justement appeler les grandes questions de l'électrothérapie, nous atta-

chant surtout à l'étude raisonnée des indications et à leur justification d'après les données les plus certaines de la physiologie et de la pathogénie.

Nous avons pensé faire de la sorte un ouvrage qui put être considéré comme le supplément des manuels de médecine et de chirurgie classiques, trop sommaires, en général, en ce qui concerne les applications de l'électricité à la clinique.

Le lecteur y est tout d'abord rapidement mis au courant de l'instrumentation physique et des propriétés physiologiques des modalités électriques courantes qu'il pourra avoir à utiliser (courant galvanique et courant faradique).

Les pages suivantes sont consacrées à l'électricité, moyen de diagnostic.

Grâce aux nombreux examens électro-diagnostiques que nous avons été appelé à pratiquer dans le service de notre Maître, le Professeur Raymond, nous avons été à même de tirer le meilleur des multiples mémoires parus sur la question et de ne retenir que les parties véritablement importantes et utiles pour la pratique.

Présenter cette question d'une manière claire, malgré toute la difficulté qu'il y avait de schématiser, étant données la multiplicité des formes et l'allure si variable des réactions pathologiques, c'est là ce que nous avons eu constamment en vue dans cette partie de l'ouvrage.

Au surplus nous l'avons complétée par deux chapitres originaux :

1° Un chapitre d'actualité, l'électro-diagnostic et les accidents du travail, où sont exposés les modes de réaction du système neuro-musculaire susceptibles d'éclairer le diagnostic, le pronostic ou de dépister la simulation;

2° Un chapitre sur une question dont l'importance — comme signe objectif et élément de diagnostic par conséquent — est quelque peu méconnue par les cliniciens : le vertige voltaïque.

Dans les pages suivantes, nous étudions l'action excito-motrice de l'électricité; et cela autant dans les affections du système neuro-musculaire, atteignant la fibre musculaire striée, que dans celles atteignant la fibre musculaire lisse. Dans ce chapitre ont trouvé place l'électro-diagnostic et le traitement des paralysies, des atrophies musculaires, etc., et enfin le lavement électrique, ce puissant moyen d'action que nous possédons pour lutter contre l'inertie de la fibre musculaire intestinale.

Les pages suivantes amènent le lecteur au cœur de la question des ions, introduction nécessaire pour comprendre l'électrolyse et ses applications.

En ce qui concerne les applications de l'électrolyse, nous avons surtout insisté sur les indications de son emploi, et nous ne voulons signaler ici que les pages consacrées à l'électrolyse en gynécologie, pour laquelle nos travaux antérieurs et les observations faites dans le service du Professeur Pozzi nous avaient fourni de précieux documents.

Bien que quelques électriciens prétendent pouvoir tirer parti des variations de la résistance du corps humain à l'état pathologique pour le diagnostic de certaines affections, nous ne pensons pas que, malgré les progrès considérables réalisés dans l'étude de ce syndrome, les variations de celui-ci puissent être utilisées en clinique comme signe objectif. Ce sont ces idées que nous avons cherché à faire prévaloir dans le chapitre : la résistance de l'organisme.

La fin de l'ouvrage est consacrée aux courants de haute fréquence.

Ici, sacrifiant quelque peu la partie clinique — cette modalité électrique nous ayant paru trop nouvellement venue en thérapeutique pour justifier des affirmations formelles — nous avons préféré donner un plus ample développement à la partie physique et physiologique, mieux connue.

Nous n'avons pas craint de nous étendre sur les lois et les principales propriétés des ondes électriques, essayant ainsi de faire apprécier la puissance de cette forme d'énergie dont dispose le médecin-électricien. Ici encore, et pour les mêmes motifs, nous nous sommes efforcé de présenter la question sous cette forme simple et concrète que nous avions adoptée pour nos « causeries électriques ».

4. **Les courants de haute fréquence et la d'Arsonvalisation** (en collab. avec Turchini) (un volume cartonné avec 22 figures, Paris, J.-B. Baillière et fils.)

Cet ouvrage est une mise au point des applications cliniques des courants de haute fréquence à l'époque où il a été rédigé. Il débute par une étude des courants de haute fréquence au point de vue physique de leur mode de production; il envisage leurs propriétés physiologiques et enfin leur utilisation thérapeutique.

Nous y avons montré que les applications connues sous le nom de thermo-pénétration, de transthermie, d'électro-coagulation, connues depuis 1896 où d'Arsonval les avait montrées, oubliées ensuite, sont redevenues en faveur, grâce aux résultats obtenus.

Nous y avons consacré un chapitre à la critique des effets sur la tension artérielle obtenue avec le dispositif d'auto-conduction trop vantés par la presse quotidienne, et insisté sur les effets thermiques de l'application dite lit condensateur, qui constitue un moyen efficace d'agir sur l'organisme et d'obtenir des effets appréciables.

Nous les avons rapportés aux actions physiologiques des courants de haute fréquence en application directe, que nous avons étudiées chez l'animal. (Voir page 50.)

Les effets hypotenseurs de la haute fréquence doivent, selon nous, être imputés aux réactions thermiques (vaso-dilatation) résultant du passage du courant à travers l'organisme et à l'échauffement des tissus.

Dans un autre chapitre, nous avons cherché à mettre en relief les effets multiples sédatifs, anti-spasmodiques (fissure anale) révulsifs, destructeurs (étincelle électrique) que l'on peut obtenir par les divers procédés d'application locale.

5. **La fulguration du cancer** (Paris, 1909, Baillière édit., 1 vol. de 90 pages in *Actualités médicales*.)

EN PRÉPARATION

Les accidents de l'électricité industrielle et domestique. (Masson, édit.)

Notions de sciences physiques indispensables au médecin.

VIII

PUBLICATIONS DIVERSES

ACTUALITÉS ET VULGARISATION

Une grande partie de notre activité a été consacrée à des travaux d'actualité et de vulgarisation.

Causeries électriques. Physiologie du courant électrique. Ses propriétés. (*Presse médicale*, 7 janvier; 12 mars; 30 avril 1904, etc.)

Les notions les plus élémentaires d'électricité étant à cette époque étrangères à la plupart des médecins, M. Lermoyez du comité directeur de la *Presse médicale* eut l'idée de publier quelques articles de vulgarisation dont il m'exposa le plan. J'ai été amené ainsi à écrire une série d'articles sur les notions de tension, d'intensité, de travail électrique, etc., où je me suis attaché à familiariser le lecteur avec ces notions, avec les procédés de mesure, etc., sous une forme concrète et aisément assimilable. L'accueil fait à ces articles, le désir de voir le médecin s'intéresser aux découvertes nouvelles, aux procédés physiothérapiques nouveaux m'a incité à publier en leur temps d'autres articles de vulgarisation scientifique tels que les suivants :

Le courant alternatif sinusoïdal, ses applications thérapeutiques et particulièrement en gynécologie. (*Presse médicale*, 15 juillet 1899.)

Les courants ondulatoires, leurs applications thérapeutiques et particulièrement en gynécologie. (*Presse médicale*, 2 août 1899.)

Actualités scientifiques. Le radium. (*Presse médicale*, 3 février 1904.)

L'état actuel des applications thérapeutiques des courants de haute fréquence. Rapport présenté au *Congrès de l'A. F. A. S.*, Cherbourg, 1904. (*Arch. d'Elect. méd.*, 12 août 1905.)

Les courants de haute fréquence. Causerie électrique avec expériences. (*Bulletin de la Soc. de l'Internat*, Décembre 1907.)

Propriétés physiques et modes d'application des courants de haute fréquence. (*Presse médicale*, 17 juin 1908.)

Des mesures exactes en radiologie. Mensurateur de Gaiffe. (*Presse médicale*, 18 mai 1904.)

Conception actuelle de la nature des Rayons X. (*Presse médicale*, 6 décembre 1913.)

Les dangers des rayons X. Comment s'en préserver (en collab. avec Oudin). (*Presse médicale*, 18 avril 1908.)

Le traitement du fibrome par l'électricité. (*Rev. de gyn.*, 1900, et *Arch. d'Élect. méd.*, 1900.)

Traitement des fibromes par l'électricité. Technique. Manuel opératoire. Résultats. (*Revue de gyn. et de chirurgie abdominale.* Janvier, Mars, Mai, Juillet 1900.)

L'électricité en gynécologie. Leçon faite au cours de médecine opératoire. (Prof. Hartmann). (*Ann. de gyn. et d'obstétr.*, Juin 1909.)

L'introduction électrolytique médicamenteuse aux XVIIIe **et** XIXe **siècles.** (*Presse méd.*, 5 juillet 1902 et 4 octobre 1902.)

Traitement des atrophies musculaires réflexes d'origine articulaire. (*Presse méd.*, 11 juin 1902).

Nécessité de l'électrisation précoce dans les atrophies réflexes (*Presse méd.*, 1908.)

Le traitement électrique des ankyloses. (*Ann. d'électrobiologie et de radiologie.* 1904.)

L'électro-diagnostic et les accidents du travail. (*Journ. de Méd. de Paris*, 1906.)

Le traitement des névralgies et des névrites par l'électricité (en collab. avec Delherm. (*Gaz. des Hôp.*, 1908.)

Thérapeutique physique des hémorroïdes et de leurs complications (hémorragies, prurit, fissuration). (*Presse méd.*, 14 janvier 1905.)

La fulguration du cancer. (*Soc. d'Électroth.*, 1909.)

Traitement du cancer par les agents physiques. (*Journal médical français*, 1911.)

Traitement du cancer du sein. (*Soc. thérap.*, 22 janvier 1908.)

L'étincelle électrique et la fulguration. (*Presse méd.*, 1908.)

Valeur réelle de la fulguration. (*Tribune médicale*, 26 juin 1909.)

L'électro-cautère froid de Lee Forest. (*Arch. d'Electr. Méd.*, 25 avril 1908.)

La nature des rayons X (*Presse méd.*, 1913.)

Les notions modernes sur la nature des rayons X (en collab. avec Guilleminot). (*Journ. de Radiol.*, Janvier 1914.)

Cet article a été écrit en vue de faire connaître aux médecins l'importante découverte de Laue Friedrich et Knipping, à savoir le phénomène de réflexion sélective sur les réseaux cristallins, d'où est née et partie toute la spectrographie des rayons X, et à laquelle nous nous sommes intéressés par ailleurs. (Voir page 28.)

Les bases physiques de l'héliothérapie. (*Presse méd.*, 1912.)

Travail où nous exposons notre opinion sur l'importance des différents agents physiques paraissant, en dehors de l'ultra-violet, jouer un rôle dans les traitements à l'altitude ou à la mer.

Les bases physiologiques de l'électricité médicale. La sclérolyse électrique (en collab. avec Cottenot). (*Presse méd.*, 25 juin 1910.)

Les bases physiologiques de l'électricité médicale. L'électrothérapie dans les rapports avec la rééducation et la psychothérapie (en collab. avec Cottenot). (*Presse méd.*, Juillet 1910.)

Les bases physiologiques de l'électricité médicale. Valeur de l'électricité dans le traitement des atrophies musculaires (en collab. avec Cottenot). (*Presse méd.*, 17 août 1910.)

Les bases physiologiques de l'électricité médicale. Electricité et atrophies musculaires. La modalité optima (en collab. avec Cottenot). (*Presse méd.*, 22 octobre 1910.)

Les agents physiques en Allemagne. Impressions de voyage. (*Presse méd.*, 25 janvier et 8 février 1902.)

TRAVAUX INSPIRÉS

Thèses.

Dimier. — **La névralgie faciale et son traitement électrique.** (*Thèse Paris*, 1902.)

Cellérier. — **Emploi des agents physiques dans les affections de la glande mammaire.** (*Thèse Paris*, 1903.)

Berton. — **Traitement des chéloïdes par l'électricité.** (*Thèse Paris*, 1903.)

Donnat. — **Le traitement des métrites.** (*Thèse Paris*, 1904.)

Cottenot. — **Action des rayons X sur les glandes surrénales.** (*Thèse Paris*, 1913.)

Dariaux. — **La radiothérapie radiculaire.** (*Thèse Paris*, 1913.)

IX

INDEX CHRONOLOGIQUE

Sur un cas de ramollissement de la région préfrontale (en collab. avec Oulmont). *Arch. gén. de Méd.*, décembre 1898.

Le traitement du fibrome par l'électricité. *Rev. de Gyn.*, 1900; *Arch. d'Elect. Méd.*, 1900.

Le traitement par l'électricité de la fissure sphinctéralgique (en collab. avec Laquerrière). *Presse Méd.*, Paris, 22 juin 1901; *Bulletin Société d'Electrothérapie*, Paris, 1901.

Hémorragies utérines. — Indications et contre-indications de leur traitement électrique. — Action excito-motrice de l'électricité. *Thèse Paris*, 1901, IV, in-8, 256 pages, 7 fig.

Etude physiologique sur l'action de l'électricité dans le traitement des hémorragies utérines. *La Gynécol.*, Paris, 1901.

Traitement des hémorragies dans le fibrome. *Rev. de Thérap. méd. chir.*, Paris, 1901.

Les agents physiques en Allemagne; Impressions de voyage. *Presse Méd.*, 25 janvier 1902; 8 février 1902.

Un nouveau cas de fissure sphinctéralgique (en collab. avec Nigay). *Annales d'Electrobiologie*, 1902.

Traitement des atrophies musculaires réflexes d'origine articulaire. *Presse Méd.*, 11 juin 1902.

Le lavement électrique. Son histoire. Sa valeur. Sa technique. *Presse Méd.*, 5 juillet 1902.

Le lavement électrique. Indications. Contre-indications. *Presse Méd.*, 4 octobre 1902.

Note clinique préliminaire pour servir à l'étude du traitement des névralgies faciales. *Société française d'Electroth.*, 1903.

Sur quelques particularités cliniques de la névralgie faciale et son traitement par l'électricité. *Archiv. de Neurol.*, 1903.

Traitement de la névralgie du trijumeau. *Presse Méd.*, 11 avril 1903.

Production expérimentale de l'épilepsie et particulièrement du coma épileptique par les courants de Leduc (en collab. avec Dimier). *Société de Biologie*, 13-20 juin 1903.

Sur la mesure du tonus musculaire (en collab. avec Constensoux). *Congrès de Bruxelles*, 8 août 1903; *Revue de Neurologie*, 1903; *Soc. de Biologie*, 10 juin 1903.

Quelques faits relatifs à l'action thérapeutique du radium en neuropathologie (en collab. avec le Prof. Raymond). *Acad. de Méd.*, 26 juillet 1903.

Actualités scientifiques; le radium. *Presse Méd.*, 3 février 1904.

Physiologie du courant électrique; ses propriétés. Presse Méd., 25 mars, 30 avril, 4 juin 1904.

A propos du traitement électrique de l'entéro-colite muco-membraneuse. Société de Thérapeutique, 2 avril 1904; Presse Méd., 2 avril 1904.

Actualités scientifiques. Des mesures exactes en radiologie. Mensurateur de Gaiffe. Presse Méd., 18 mai 1904.

Recherches sur l'action du radium dans le cancer de la face (en collab. avec le Prof. Pozzi). Archives de Thérapeutique, 1904; Médecine Moderne, 1904.

Le traitement électrique des ankyloses. Annales d'Electrobiologie et de Radiologie, 1904.

Production expérimentale de l'épilepsie et particulièrement du coma épileptique par les courants de basse tension (en collab. avec Dimier). Congrès de l'A. F. A. S., Grenoble, 1904.

Quelques faits relatifs à l'action thérapeutique du radium en neuropathologie (en collab. avec le Prof. Raymond). Congrès de l'A. F. A. S., Grenoble, août 1904.

Le traitement électrique de la névralgie faciale. Perfectionnements apportés à la méthode. Congrès de l'A. F. A. S., Grenoble, 4-11 août 1904; Arch. d'Elect. Méd., 1911.

Causeries électriques : Travail et puissance électriques. Rendement d'un générateur. Presse Méd., 8 octobre 1904.

Thérapeutique physique des hémorroïdes et de leurs complications (hémorragies, prurit, fissuration). Presse Méd., 14 janvier 1905.

Essai sur la radiothérapie en neuropathologie (en collab. avec le Prof. Raymond). Société de Thérapeutique, 10 mai 1905.

L'état actuel des applications thérapeutiques des courants de haute fréquence. Rapport au XXXIVe Congrès de l'A. F. A. S., Cherbourg, 1905; Arch. d'Elect. Méd., 1905.

Eléments d'électrothérapie clinique. Paris, 1906, 1 vol. in-8, 594 p., 8 pl., 151 fig. Masson, édit. Préface de J. Bergonié. Prix Desportes.

L'introduction électrolytique des substances médicamenteuses dans la muqueuse utérine. Revue de Gynéc. et de Chirurg. abdom., 1906.

L'électro diagnostic et les accidents du travail. Journal de Méd. de Paris, 1906.

L'introduction électrolytique médicamenteuse aux XVIIIe et XIXe siècles. Presse Méd., 15 février 1907.

Production de symptômes épileptiques par le courant galvanique intermittent de basse tension (épilepsie expérimentale) avec la collab. de Dimier. Arch. d'Elec. Méd., mars 1907.

Introduction électrolytique des médicaments. Congrès de Médecine, 14-16 octobre 1907.

Résultats éloignés du traitement du nævus par le radium (en collab. avec de Beurmann). Soc. Méd. Hôp., 22 novembre 1907.

Les courants de haute fréquence. Conférence à la Soc. de l'Internat des Hôp., Paris, 28 novembre 1907.

Traitement du cancer du sein. Soc. de Thérap., 22 janvier 1908.

Les dangers des rayons X. Comment s'en préserver (en collab. avec Oudin). Presse Méd., 18 avril 1908.

Le principe des courants de haute fréquence. Presse Méd., 2 mai 1908.

Les effets thermiques des courants de haute fréquence sur l'organisme (en collab. avec Turchini). C. R. Acad. des Sciences, 11 mai 1908; Arch. d'Elect. Méd., 1908.

Sur le traitement des névrites et des névralgies par l'électricité (en collab. avec Delherm). *Gaz. des Hôp.*, Paris, 1908.

L'électro cautère froid de Lee Forest. Arch. d'Electr. Méd., 1908.

Les actions thermiques des courants de haute fréquence. Soc. de Thér., 10 juin 1908.

Applications combinées des scarifications et de la haute fréquence en thérapeutique dermatologique (en collab. avec Louste). *Société Franç. de Dermat. et de Syphil.*, 2 juin 1908; *Soc. Méd. des Hôp.*, 26 juin 1908.

Propriétés physiques et modes d'application des courants de haute fréquence. Presse Méd., 17 juin 1908.

Nécessité de l'électrisation précoce dans le traitement des atrophies réflexes. (Étude pathogénique.) Presse Méd., 1er juillet 1908.

L'étincelle électrique et la fulguration en médecine. Presse Méd., 12 décembre 1908.

La fulguration du cancer. Sa valeur thérapeutique. Paris, 1909. J.-B. Baillière et Fils, 1 vol., in-12, 96 pages. In *Actualités Médicales.*

Courants de haute fréquence et action ouloplasique (Essai sur les résultats de la fulguration.) Presse Méd.. 27 janvier 1909.

Les traitements de la névralgie faciale. Soc. Franç. d'Electr., 1909.

Considération sur les effets de la fulguration; action ouloplasique de l'étincelle. Assoc. Franç. pour l'étude du cancer, 15 février 1909.

Sur l'étincelle de résonateur. Analyse spectroscopique (en collab. avec Hemsalech). *C. R. Ac. des Sc.*, 22 mars 1909.

La fulguration du cancer. Soc. Franç. d'Electr., 1909.

Rétrécissement dysentérique du rectum; excision, insuccès, anus iliaque; traitement du rétrécissement par l'électrolyse circulaire; grande amélioration (Rapport de Bazy). *Soc. de Chirurg.*, 16 juin 1909.

Effets hypotenseurs de la haute fréquence sur un sujet atteint de gangrène sénile (en collab. avec Turchini et Riffaut). *Congrès de l'A. F. A. S.*, Lille, août 1909.

Applications combinées de courant continu et de haute fréquence dans le traitement du syndrome otique (en collab. avec Gendreau). *Congrès de l'A. F. A. S.* Lille, août 1909.

Traitement des bourdonnements de la surdité, des vertiges, par le courant galvanique et les courants de haute fréquence (en collab. avec Gendreau). *Arch. d'Electricité Méd.* 1909.

Traitement de l'ozène par la haute fréquence (en collab. avec Gendreau). *Arch. d'Elect. Méd.*, 1909.

L'électricité en gynécologie. Ann. de Gynéc. et d'Obst., 1909.

L'Elettricita in Ginecologia. Clin. Ostetr., 1909.

Vertige voltaïque et vertige auriculaire (en collab. avec Gendreau). *Soc. Franç. d'Electr.*, 1910.

Traitement de l'ozène par la haute fréquence (en collab. avec Gendreau). *IIIe Congrès Intern. de Physiothérapie*, mars 1910.

La diathermie et les effets thermiques des courants de haute fréquence (en collab. avec Turchini). *Presse Méd.*, 11 mai 1910.

Considérations sur le traitement électrique de la paralysie infantile (en collab. avec Bordet) *Journal de Méd. de Paris*, 1910; *Gaz. des Mal. Inf.*, 1910.

Le traitement de la paralysie infantile (en collab. avec Bordet). *Congrès de l'A. F. A. S.*, 1910.

Les bases physiologiques de l'électricité médicale (en collab. avec Cottenot) ; *La sclérolyse électrique. Presse Méd.*, 25 juin 1910. — *L'électrothérapie dans ses rapports avec la rééducation et la psychothérapie, Presse Méd.*, juillet 1910. — *Valeur de l'électricité dans le traitement des atrophies musculaires. Presse Med.*, 17 août 1910. — *Electricité et atrophie musculaire. La modalité optima. Presse Méd.*, 22 octobre 1910.

Les courants de haute fréquence et la d'Arsonvalisation (en coll. avec Turchini). Paris, Baillière, édit., 1910, in-18, 95 p., 22 fig.

Onduleur faradique Zimmern-Turchini. Arch. d'El. Méd., 25 octobre 1910.

Valeur de la radiothérapie dans le traitement des adénopathies (avec la collab. d'Oudin). *Gaz. des Hôp.*, 1910.

Quelques réflexions sur le lavement électrique. Soc. de Méd. de Paris, 11 novembre 1910.

Aspiration accidentelle d'un lait de bismuth dans l'arbre respiratoire. Vue surprise à la radioscopie (en collab. avec Turchini et Bénard). *Soc. Radiol.*, 15 décembre 1910.

Considérations pronostiques sur le lavement électrique. Arch. d'Elect. Méd., 1911.

Effets généraux des courants de haute fréquence. Leur action dans cinq cas de goitre exolphtalmique (en collab. avec Bordet). *Arch. d'Elect. Méd.*, 1911.

Action du courant continu sur la pénétration diadermique des principes radioactifs des boues actinifères. C. R. Ac. des Sc., 20 mars 1911.

Utilité de l'électro-diagnostic en clinique. Journ. Méd. Franç., 15 avril 1911.

Traitement du cancer par les agents physiques (en collab. avec Cottenot). *Journ. Méd. Franç.*, Paris, 15 juillet 1911.

Action des rayons X sur le corps thyroïde du lapin (en collab. avec Battez). *Congrès de l'A. F. A. S.*, Dijon, août 1911 ; *Arch. d'Elect. Méd.*, 1911.

Analyse microscopique des effets de l'irradiation sur le corps thyroïde du lapin (en collab. avec Battez et de Dubus). *Arch. d'Elect. Méd.*, 1911.

Radiothérapie et ménopause artificielles dans le traitement des fibromes et des hémorragies de l'âge critique (en collab. avec Oudin). *Journal de Médecine de Paris*, 1911.

Considérations sur les radiations en physiologie et en médecine (en collab. avec Oudin). *Rev. Scientif.*, 1912 ; *Annales d'Electrobiol. et de Radiolog.*, février-mars 1912.

Résultats favorables obtenus dans le traitement des névralgies (sciatiques et névralgies diverses par la radiothérapie) (en collab. avec Cottenot). *Soc. Radiol.*, 1912.

Les applications directes et indirectes de l'électricité. Gaz. des Hôp., 26 mars 1912.

Les effets de l'irradiation des glandes surrénales en physiologie et en thérapeutique (en collab. avec Cottenot). *C. R. Ac. des Sc.*, 22 avril 1912.

Modifications de la pression artérielle chez l'homme par l'exposition aux rayons X de la région surrénale. Soc. de Biol., 27 avril 1912.

Résultats et technique de l'irradiation des glandes surrénales dans l'hypertension artérielle (en collab. avec Cottenot). *Soc. de Radiol.*, 14 mai 1912.

L'électro-diagnostic dans les paralysies radiculaires du plexus brachial. Paris Méd., 8 juin 1912.

La radiothérapie des glandes surrénales. Ses résultats, ses effets hypotenseurs (en collab. avec Cottenot). *Arch. d'Elect. Méd.*, 1912.

Action des Rayons X sur la corticale surrénale (en collab. avec Mulon et Cottenot). *Soc. Biol.*, 12 décembre 1912.

Radiothérapie. Radiumthérapie. Photothérapie (en collab. avec Oudin). Paris, Baillière, édit., 1915. Collection de Thérapeutique Gilbert-Carnot.

Vingt et un cas nouveaux de radiothérapie radiculaire (en collab. avec Cottenot et Dariaux). *Arch. d'Elect. Méd.*, janvier 1915.

Les bases physico-biologiques de l'héliothérapie. État actuel de la question. Presse Méd., 10 mai 1915.

La radiothérapie radiculaire dans le traitement des névralgies (sciatiques, névralgies du plexus brachial, du trijumeau, etc.) (en collab. avec Cottenot et Dariaux). *Presse Méd.*, 25 juin 1915.

Guérison d'un cas de prurit par la radiothérapie radiculaire (en collab. avec Cottenot). *Journ. de Méd. de Paris*, 1915.

La diathermie. Presse Méd., 18 octobre 1915

Sur la nature des rayons X (en collab. avec Guilleminot). *Journ. de Radiol. et d'Electrol.*, janvier 1914.

Traitement par les rayons X des glandes à sécrétion interne en état d'hyperactivité (en collab. avec Cottenot). *Presse Méd.*, 18 février 1914.

Résultat favorable du courant continu dans un cas d'insuffisance ovarienne consécutive à la radiothérapie (en collab. avec Cottenot). *Soc. Radiol.* 10 mars 1914; *Journ. de Radiol. et d'Electr.*, mars 1914.

Localisation anatomique des projectiles par la radiographie sans autre appareil qu'un centimètre, un double décimètre et une carte des opérations. Paris Méd., 1915; *Acad. de Méd.*, 9 février 1915.

Les accidents de l'électricité industrielle. Prophylaxie. Traitement et réglementation (en collab. avec Istel). *Journ. de Radiol. et d'Electrol.*, 1915.

Inversion totale des viscères (en collab. avec Le Coniat). *Réunion Méd. Chir. de la Ve Armée* 27 mai 1916.

Il y a intérêt à se servir des interrupteurs lents en radioscopie. Acad. de Méd., 12 septembre 1916; *Journ. de Radiol. et d'Electr.*, janvier 1917.

Luxation iliaque de la tête fémorale droite, avec fracture de l'os iliaque au niveau du cotyle (en collab. avec Jacques). *Réunion Médico-Chir. de la V*e *Armée*, 16 septembre 1916.

A propos des modifications dites légères, de l'excitabilité. Une cause d'erreur d'interprétation très fréquente en électro-diagnostic (en collab. avec Logre). *Réunion Médico-Chir. de la V*e *Armée*, 16 septembre 1916.

Vertige voltaïque anormal; réflexe de convergence au lieu du nystagmus. Société de Neurol., 5 avril 1917.

De l'utilisation en neurologie du phénomène appelé réflexe galvano-psychique (en collab. avec Logre). *Société de Neurologie*, 7 juin 1917.

Sur le réflexe galvano-psychique (en collab. avec Logre). *Soc. de Neurol.*, 5 juillet 1917.

Le réflexe galvano-psychique (en collab. avec Logre). *Journ. de Radiol. et d'Electrol.*, 1916.

Electro-diagnostic de guerre. Clinique. Conseil de Réforme. Technique et Interprétation (en collab. avec Perol), 1 vol. in-8, 155 p. Collection Horizon. Paris, 1917. Masson, édit.

La radiothérapie des cicatrices (en collab. avec Cottenot et Hordé). *Paris Méd.*, 14 septembre 1918.

Nouvelles acquisitions de la radiothérapie radiculaire (en collab. avec Cottenot). *Soc. de Radiol.*, 18 avril 1919.

La radio sensibilité des glandes à sécrétion interne. Applications à la surrénale. *Acad. de Méd.*, 10 juin 1919.

Les facteurs de l'impression radiographique. *Société de Rad. Méd. de France*, 10 juin 1919.

Le traitement des sciatiques (électricité et rayons X). *Journ. de Radiol. et d'Electrol.*, décembre 1919.

L'impression radiographique du tube Coolidge. Les facteurs de l'impression radiographique. *Soc. Franc. de Physique*, 10 juin 1919; *Soc. de Radiol.*, 19 juin 1919.

Les méfaits de la basse tension. *Presse Méd.*, 10 janvier 1920.

La conception pathogénique des névralgies dites primitives et de leur traitement radiothérapique. *Paris Méd.*, 7 février 1920.

A propos des rayons secondaires. *Soc. Radiol.*, 1920.

Sur deux cas de maladie de Paget. *Soc. Radiol.*, 11 janvier 1921.

Note préliminaire sur l'application de la photométrie photographique aux mesures d'opacité aux rayons X. *Acad. de Méd.*, 8 février 1921.

Quelques considérations sur les bases scientifiques de la Rœntgenthérapie. *Presse Méd.*, 4 mai 1921.

Etude spectrographique du dévirage du platino-cyanure de baryum dans l'effet Villard (en collab. avec Salles). *C. R. Ac. des Sc.*, 26 décembre 1921.

Sacralisation vraie de la V lombaire et algies sciatiques (en collab. avec Lauret et Weill) *Soc Radiol.*, avril 1922. *Presse Méd.*, 16 août 1922.

Les méfaits de la basse tension. *Paris Méd.*, 7 février 1922.

Quelques considérations sur les accidents de l'électricité. *Journ. de Méd. de Paris*, 1921-22; *La Clinique*, juin 1922.

La thérapeutique des fibromyomes par les radiations. *Gaz. des Hôp.*, septembre 1921.

A propos de la radiothérapie des fibromyomes. *Soc. Radiol.*, 13 juin 1922.

Electrotherapy in Gynæcology. *Proc. Roy. Soc. Méd. Lond.*, 1921-22. *Sect. Electrotherapeutics.*

A propos de la forme diathermique des courants de haute fréquence. *Soc. Franç. d'Elect. et de Radiol.*, juin 1922.

Un cas d'hémostase par dose faible de rayons X (en collab. avec Bloch). *Soc. Radiol.*, 10 octobre 1922.

L'électromyographie (en collab. avec Cottenot). *Presse Méd.*, 25 octobre 1922; *Société de Biol.*, 21 juillet 1922; *Journal de Radiol. et d'Electrol.*, janvier 1923.

Sensitométrie radiographique. Présentation d'un dispositif instrumental; ses applications. *Soc Radiol.*, février 1923.

Influence de la température sur la sensibilité des émulsions en radiographie. *C. R. de l'Ac. des Sc.*, 13 février 1922; *Journ. de Physique*, avril 1923.

Sur la sensibilité de la surrénale aux rayons X. *Acad. de Méd.*, 1924.

Un nouvel accident de l'électricité domestique. *Acad. de Méd.*, 17 mars 1925.



TABLE DES MATIÈRES

TITRES 5
Sociétés savantes. 6
Enseignement 6
Varia. 6
Ouvrages didactiques 7
Revues médicales 8
INTRODUCTION. 9
TRAVAUX SCIENTIFIQUES 10
I. — PHYSIQUE ET PHYSIQUE MÉDICALE. 10
II. — PHYSIQUE APPLIQUÉE. — ÉLECTROPHYSIOLOGIE . . . 37
III. — PHYSIQUE APPLIQUÉE. — RADIOPHYSIOLOGIE. . . . 57
IV. — RADIOLOGIE. 71
V. — ÉLECTROLOGIE. 82
VI. — PUBLICATIONS DIVERSES 88
VII. — OUVRAGES DIDACTIQUES. 89
VIII. — ACTUALITÉS ET VULGARISATION. . . . 94
INDEX CHRONOLOGIQUE. 97

91 818. — Paris, Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus